REVUE GÉNÉRALE

DES SCIENCES

PURES ET APPLIQUÉES

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER

ÉVOLUTION DES IDÉES

SUR LA NATURE ET LE MÉCANISME DE LA VIRULENCE

Quels que soient l'éclat d'une découverte et l'étonnement qu'elle provoque dans les différentes classes de la société, il est bien rare que son avènement n'ait pas été préparé par des hommes dont le nom et les œuvres sont plus ou moins oubliés. Mais il faut reconnaître que si, aujourd'hui, les notions scientifiques jaillissent rarement pour la première fois du cerveau des savants, elles s'épurent et se complètent singulièrement, grâce à la rigueur et au perfectionnement de la méthode expérimentale.

Ces réflexions, suggérées par une foule de questions, sont confirmées par l'histoire de l'évolution des idées sur la nature et le mécanisme de la virulence. On pourra voir, dans le bref résumé qui va suivre, que le *Nihil novum sub sole* du poète latin est ici parfaitement justifié ; toutefois, on se convaincra que si les expérimentateurs actuels n'ont pas toujours conçu l'idée première, ils l'ont établie sur de nettes et solides assises, au lieu de la laisser étayée sur des hypothèses nuageuses et flottantes.

La gravité des maladies virulentes, l'extension qu'elles ont prise à toutes les époques, ont vivement poussé les médecins et les naturalistes à la recherche des causes intimes ou de la nature de la virulence. Aussi est-il fort intéressant de suivre jusqu'à nos jours la série des hypothèses que l'esprit humain a enfantées sur cette question.

Tantôt la virulence fut comparée à la fermentation, tantôt rattachée au parasitisme.

I

Déjà au IXe siècle, Rhazès attribuait la variole à une fermentation « comparable à celle du moût de raisin qui fermente et bouillonne pour se convertir en vin. »

Van Helmont, Stahl, Sydenham reproduisirent plus ou moins ces idées et, au commencement de ce siècle, en 1802, Brissy n'hésita pas à dire que les maladies contagieuses devraient s'appeler maladies *fermentatives*.

En 1831, dans un travail où il compare la fermentation à la contagion, Braconnot conclut à la similitude, en montrant que les substances antifermentescibles, telles que le chlore, l'acide nitrique, l'acide sulfureux, etc., sont précisément des antiseptiques.

Mialhe adopta cette opinion sans réserve : « Nul doute, dit-il, que les virus n'agissent sur l'économie à la manière de certains ferments..... Et la preuve,... c'est que tous les agents médicamenteux qui annulent l'action spécifique des virus sont ceux qui anéantissent le plus aisément l'action spécifique des ferments. »

Bouillaud intercala le passage précédent dans son traité de *Nosographie médicale* et émit l'espoir que les progrès dans l'étude des fermentations

profiteraient à la théorie des maladies contagieuses et infectieuses.

A peu près à la même époque, en 1847, un médecin anglais, Billing, écrivait, à propos du virus variolique, qu'une petite parcelle produit une inflammation semblable à celle d'où elle est tirée, comme un peu de levain fait soulever toute la masse dans la fermentation. Impossible d'exprimer plus nettement la similitude de la virulence et de la fermentation. Billing poursuit cette comparaison dans la période d'état, le déclin et la transmission des maladies virulentes. Il ne voit, dans les agents de leur propagation, que « des levains qui sont ou communiqués par contact ou transportés par l'air dans les poumons. »

Beaucoup de médecins s'élevèrent avec véhémence contre l'introduction d'une explication chimique dans un phénomène qui leur semblait de l'ordre vital. D'ailleurs à ce moment, l'acte de la fermentation était plus ou moins mystérieux, de l'aveu même des chimistes. Aussi pouvait-il paraître absolument chimérique de vouloir éclairer un phénomène par l'autre, puisqu'il y avait mystère des deux côtés, comme disait, en 1853, Ch. Anglada, professeur vitaliste de l'Ecole de Montpellier.

Malgré les critiques dont elle fut l'objet il y a une quarantaine d'années, cette hypothèse ne fut pas abandonnée. On lui reprochait d'être vague, mal définie. On s'efforça de trouver une explication satisfaisante des phénomènes de la fermentation et, simultanément, des phénomènes physico-chimiques qui transforment les humeurs de l'organisme en agents de léthalité.

Liebig, par exemple, voit dans toute fermentation : 1° un corps provocateur; 2° une matière susceptible de se décomposer au contact du précédent. Le corps provocateur se reproduit aux dépens des matières d'où il tire son origine première. Dans la fermentation du moût de bière, l'agent provocateur est la levûre ; la substance azotée contenue dans le moût est la matière avec laquelle se forme la levûre au fur et à mesure de la transformation du sucre.

Pour les maladies contagieuses, Liebig admet, dans le sang du sujet sain, la présence du principe d'où peut naître l'agent provocateur: celui-ci se développe peu à peu aussitôt après l'introduction d'une parcelle du ferment virulent détaché d'un organisme malade. L'assimilation est complète, lorsqu'il accepte que le sang contient le second principe voué à la décomposition sous l'influence du premier.

D'où il conclut que la prédisposition d'un sujet, d'une espèce à contracter une maladie contagieuse est en raison de la masse de ce second principe. Ce dernier s'épuisant peu à peu dans le cours de la maladie, la virulence de la fermentation ou de la décomposition décroîtra donc dans le même sens et on assistera au déclin et à la guérison de la maladie virulente.

L'explication proposée par Liebig jette l'esprit dans une grande perplexité. Il se demande ce qu'est cette parcelle de substance qui transforme une partie du sang en *corps provocateur*. Assurément, il s'agit d'une substance qui opère à la manière d'une levûre. Mais quelle est au juste cette substance? Liebig ne le dit pas. Il n'est donc pas surprenant que quelques auteurs aient profité de ce silence pour modifier la théorie de Liebig et supposer que le corps provocateur, que l'agent de décomposition ou de destruction, peut prendre naissance de toutes pièces dans les organismes sains sous l'influence de causes banales.

Dubois d'Amiens a pensé qu'un simple changement dans la proportion, le nombre, la quantité des éléments suffirait pour communiquer la virulence aux liquides organiques. Malheureusement la chimie a toujours été impuissante à découvrir et à déterminer ce changement qui devrait naturellement varier avec chaque état virulent.

Peut-être, est-ce en face de cette impuissance que Ch. Robin a regardé la virulence comme le résultat d'une modification de l'état isomérique des humeurs et des tissus vivants. Pour Robin, il n'y a pas de virus à proprement parler, il n'y a que des *états virulents* de la matière vivante. « Ces états sont divers, en raison de la complexité de la substance organisée, et chacun offre des degrés selon la constitution moléculaire propre du tissu ou de l'humeur altérés et les conditions qui ont déterminé l'altération. »

Cette opinion dispense de chercher une démonstration anatomique ou chimique de la virulence. Elle n'est pas plus solide pour cela. Car si elle permet de concevoir la contagion, l'inoculabilité des maladies virulentes par le transport de la substance organique modifiée hors de l'économie infectée, elle n'explique pas d'une manière satisfaisante l'origine des divers états virulents. Effectivement, outre qu'elle laisse la porte ouverte à la spontanéité de la virulence, elle admet que « les états virulents *peuvent survenir* partout où des animaux se trouvent agglomérés au delà de ce que permet la nature des milieux nécessaires à leur existence. » Or, conçoit-on que l'agglomération déterminera tantôt la variole, tantôt le typhus, tantôt la rougeole? Il est vrai que l'auteur croit à la modification de cette influence déterminante par celle du sol, des saisons, des climats, de la température, de l'humidité et par la constitution individuelle. C'est-à-dire que l'esprit flotte dans l'inconnu sur l'origine même des états virulents.

Malgré ces sérieuses imperfections, la théorie des états virulents de la matière organisée a occupé jusque dans ces dernières années une place importante en pathologie.

II

Avant les théories chimiques de la virulence et parallèlement à elles, s'est déroulée la théorie du *parasitisme* virulent.

L'idée de rattacher les maladies contagieuses au parasitisme est presque aussi vieille que le monde. Elle est exprimée dans les ouvrages des agronomes latins Varro et Columelle. Elle a été reprise aux XVII^e^ et XVIII^e^ siècles par Langius, Zacutus, Kircher, Lancisi, Deidier de Montpellier, Linné, Réaumur, Rasori, etc.

Le parasitisme virulent de cette époque était souvent grossier, et néanmoins absolument hypothétique. Ainsi Deidier (1713) croyait que le *virus vénérien* était dû à la présence de petits vers vivants. Il ne les avait pas vus; mais leur présence devait être réelle parce que l'action exercée sur le radical du virus syphilitique par le mercure ressemblait à l'action toxique exercée par ce corps sur d'autres espèces de vers (Anglada).

Parfois, le parasitisme reposait sur des observations que la science moderne regarde comme erronées. Par exemple, Langius affirmait déjà avoir rencontré des microzoaires ou des infusoires dans la rougeole, Kircher, dans la peste, Zingler, dans les fièvres pétéchiales, Zacutus et Porcellus dans la variole.

M. H. Mollière nous a appris, dans une étude rétrospective sur la virulence, que Goiffon, agrégé au Collège de médecine de Lyon, professait aussi, en 1721, que des insectes venimeux (invisibles) apportés de quelque contrée étrangère avec des marchandises pourront se répandre dans les airs d'une ville et produire tous les funestes effets qu'on remarque dans la peste.

Les microscopes perfectionnés de nos jours n'ont jamais décelé au sein des parties virulifères de ces maladies des organismes aussi élevés dans la série des êtres vivants. Cependant, une confusion que l'on s'est depuis efforcé d'écarter, a donné corps à cette hypothèse pendant un certain temps.

En cherchant avec soin dans les dermatoses contagieuses, on a découvert le *sarcopte* de la gale, le *démodex* de l'acné, le *champignon* de la teigne. On a démontré que la contagion résulte de la transplantation de ces parasites sur une peau saine. Dans un empressement regrettable, Raspail a conclu que toutes les maladies contagieuses, telles que la variole, la rougeole, la scarlatine, le cowpox, etc., sont des sortes de *sarcoptogénoses*. Il a même édifié, partant de cette hypothèse, sur la non-récidive des maladies virulentes, toute une théorie que l'on a vu reproduire à peu près complètement dans ces dernières années.

Les parasites de Raspail vivent aux dépens des organismes qu'ils envahissent, épuisent certaines parties des sucs nécessaires à leur entretien et à leur développement et en même temps les infestent du virus qui résulte de leur évolution. Tel serait le mécanisme de l'action morbigène de ces parasites.

Mais Raspail a confondu parasitisme et virulence, parce qu'il a pris garde seulement au caractère contagieux de ces deux états. Maintenues sur ce terrain, les recherches de Raspail étaient frappées de stérilité.

Ce micrographe espérait que les nosologistes détermineraient les habitudes et la conformation des *sarcoptes morbigènes* qu'il avait entrevus avec les yeux de l'imagination. Il va sans dire que cet espoir a été déçu.

Plasse, vétérinaire à Niort (Deux-Sèvres), s'attacha à démontrer par des arguments, dont quelques-uns n'étaient pas sans valeur, l'origine cryptogamique de plusieurs maladies transmissibles ou infectieuses de l'homme et des animaux domestiques. Nous citerons la fièvre typhoïde, la variole, la morve, le farcin, la péri-pneumonie épizootique, le typhus du gros bétail.

Plasse aurait observé des relations étroites entre l'éclosion de ces maladies et l'usage d'aliments couverts d'efflorescences cryptogamiques. De là à regarder les moisissures comme la cause et l'agent de ces affections contagieuses, il n'y avait qu'un pas à faire. De 1825 à 1872, Plasse a défendu son opinion avec une ténacité que rien ne pouvait décourager. Dans l'impossibilité de montrer les cryptogames spécifiques pathogènes aux prises avec l'organisme, il a succombé sous l'incrédulité de ses contemporains, qu'il a réclamés souvent comme juges, et sous l'exagération et l'absolutisme de ses idées.

III

La nosologie se débattait donc entre les aspirations d'un parasitisme grossier, les illusions trompeuses de la transformation virulente de la matière organisée et les promesses jusque-là décevantes et mystérieuses des fermentations sur le vivant, lorsque des découvertes importantes vinrent mettre de l'ordre dans ce chaos.

a) D'abord les fermentations se dépouillèrent de leur caractère énigmatique.

La plus importante, la fermentation alcoolique, avait été l'objet d'un grand nombre de travaux. De ce phénomène on connaissait la plupart des conditions, les actes préparatoires, les produits essentiels, les agents mêmes. Mais le rôle de ces

agents était entièrement méconnu. Cependant il avait été entrevu, indiqué avec un grand bonheur d'expression par Cagniard-Latour. Cet auteur représentait les cellules de levûre comme des plantes « susceptibles de se reproduire par bourgeonnement et n'agissant probablement sur le sucre que par quelque effet de leur végétation ».

Malgré la simplicité de l'explication de Cagniard-Latour, Liebig réussit généralement à faire accepter la théorie dite « du mouvement communiqué, » dont nous avons déjà parlé et qui ne suscita aucune découverte dans le vaste champ des fermentations.

C'est en 1857 que commence l'ère des grands progrès. Elle s'ouvre par un *mémoire sur la fermentation lactique* présenté par M. Pasteur à l'Académie des Sciences de Paris. Sous forme de conclusion, l'auteur n'hésite pas à affirmer : que *la fermentation est corrélative de la vie, de l'organisation de globules, non de la mort ou de la putréfaction de ces globules, pas plus qu'elle n'y apparaît comme un phénomène de contact, où la transformation du sucre s'accomplirait en présence du ferment sans lui rien donner, sans lui rien prendre.*

L'étude de M. Pasteur sur la levûre de bière établit ces conclusions sur une base inébranlable.

Elle montre que les cellules de levûre vivent et se multiplient dans l'eau sucrée additionnée de sels minéraux cristallisés, mais dépourvue de toute manière organique en voie de décomposition. Elle montre encore qu'en vivant et se développant, ces cellules empruntent du carbone au sucre, de l'azote, du phosphore, du potassium aux matières minérales. La soustraction du carbone transforme le sucre en alcool et acide carbonique.

La fermentation est donc fonction de la vie d'êtres microscopiques que nous appellerons, dans ces exemples, ferment lactique, ferment alcoolique.

Un des côtés remarquables des travaux de M. Pasteur sur les fermentations est sans contredit la méthode de sélection des ferments à l'état de pureté, par les *cultures successives*. M. Pasteur en a tiré le meilleur parti, et après lui, ses élèves et ses imitateurs. C'est à l'emploi de cette méthode que nous devons encore la connaissance des ferments acétique, butyrique, gallique, nitrique, de ceux qui président à la transformation ammoniacale de l'urine, à la putréfaction des matières albuminoïdes, a la décomposition de la cellulose, etc.

Grâce à l'étude physiologique des ferments, le retour de la matière organisée à l'état inorganique n'a plus de mystères pour nous. Il n'y a plus à douter que les agents de la mort définitive ne soient des êtres vivants. Nous connaissons même leur origine. Presque toutes les eaux, excepté à leur source, l'air atmosphérique, excepté à de très grandes hauteurs, le corps même des animaux, sont peuplés de leurs germes. Ignorant autrefois l'existence de ces germes, on a cru aux générations et aux fermentations spontanées.

Les germes de l'air atmosphérique étaient les plus discutés, malgré les démonstrations bien connues de Schwann, de Schultze, de Schrœder et von Dusch. M. Pasteur a réussi à défier toute négation en filtrant l'air sur du coton, comme l'avaient fait ces derniers, et en prouvant qu'une parcelle de ce coton, projetée dans une infusion stérilisée, y provoque l'apparition d'une multitude de microorganismes ferments, qui déterminent bientôt l'altération du liquide.

L'air, débarrassé des microorganismes par un moyen quelconque, est absolument impropre à produire cette altération. Conséquemment, plus de germes atmosphériques, plus de fermentation.

M. Pasteur a prouvé de même que les maladies du vin, de la bière, du vinaigre sont causées par des ferments spéciaux. Si l'on tue ces germes parasites, ou si on les empêche de s'introduire au sein du liquide, on *guérira* ou on *préviendra* ces maladies. Les études de M. Pasteur sur ce point sont un des plus beaux monuments de la science contemporaine. Elles pourraient prendre le titre de *Physiologie des ferments*. Ne démontrent-elles pas, en effet, que la plupart des fermentations sont l'œuvre physiologique, œuvre gigantesque, d'organismes microscopiques, de ferments figurés et animés?

b) Pendant que ces conquêtes enrichissaient le domaine de la chimie, que se passait-il dans le champ de la pathologie?

En 1850, Rayer et Davaine, au cours d'expériences instituées pour déterminer la nature, les caractères de la maladie charbonneuse du mouton, connue sous le nom de sang de rate, signalèrent dans le sang des malades et des inoculés « de petits corps filiformes, ayant environ le double en longueur d'un globule sanguin ». Ces petits corps furent appelés plus tard *bactéridies*, puis *bacilles* du charbon. Après eux, en 1855 et 1857, Pollender et Braüell les trouvèrent aussi dans le sang des sujets charbonneux, sans en comprendre le rôle et l'importance. En 1860, Delafond les étudia le premier avec assez de sagacité pour en soupçonner la véritable nature et la propriété infectieuse. Par exemple, il est convaincu que les *baguettes* ou *bâtonnets charbonneux* sont des végétaux inférieurs. La preuve est qu'il chercha à les cultiver dans le sang hors des vaisseaux. Là, il les vit s'allonger et fournir « un mycélium remarquable formé de nombreux filaments déliés ». Malheureusement il ne parvint pas à leur faire produire des spores. Enfin, après s'être assuré que ces filaments végétaux se reproduisaient toujours dans le sang des animaux auxquels il les inoculait, il n'hésita pas à les signaler comme la cause du sang de rate.

Cette importante acquisition, la première qui fût nette et précise sur la nature des agents virulents, en était à ce point, lorsque parut le mémoire de M. Pasteur sur la fermentation butyrique, en 1861.

On se rappelle que M. Pasteur montra, dans ce travail, que l'agent de la fermentation est un organisme microscopique fort analogue à celui du sang des animaux charbonneux.

Davaine fut frappé de cette analogie et essaya aussitôt de prouver, par une série d'expériences ingénieuses, qu'à la bactéridie et à la bactéridie seule appartient la propriété virulente dans la transmission artificielle du sang de rate. Il ne réussit pas à débarrasser complètement la bactéridie des liquides qui la baignent. Néanmoins, pour tout esprit libre d'attaches théoriques ou d'idées préconçues, il n'était pas douteux que le développement de la bactéridie soit la cause et non le résultat de l'affection charbonneuse.

Dès 1868, M. Chauveau acceptait sans réserve les conclusions de Davaine et les étendait aux septicémies chirurgicales, à la pyémie, à la gangrène, au typhus, etc. Il prédisait même alors la généralisation rapide de l'application des travaux de M. Pasteur sur la fermentation putride, dans cette partie du domaine pathologique. Plus tard, en 1873, il entreprenait avec succès des expériences sur la détermination du ferment qui accompagne le processus gangréneux. Quelques années auparavant, en 1867, il démontrait que l'agent virulent dans les humeurs de la vaccine, de la variole humaine, de la clavelée du mouton, de la morve revêt toujours la *forme corpusculaire*.

Ces importants résultats laissaient tout au moins entrevoir une analogie morphologique entre les ferments figurés et les agents de la virulence.

Pour démontrer l'individualité spécifique de ces agents et leur analogie avec les ferments, que manquait-il? La preuve qu'ils sont aptes à vivre et à se multiplier en dehors de l'organisme; autrement dit, qu'on peut les cultiver artificiellement, *in vitro*, par les méthodes de sélection introduites dans l'étude des ferments ordinaires par M. Pasteur.

IV

Hallier, qui, le premier, essaya d'appliquer ces méthodes à la détermination des virus, s'égara dans les dédales du polymorphisme.

La science venait de s'enrichir de découvertes importantes sur les générations alternantes de certains animaux inférieurs et sur le polymorphisme de quelques champignons. Hallier, professeur de botanique à l'Université d'Iéna, crut pouvoir étendre ces données nouvelles au développement des organites que l'on signalait déjà de tous côtés dans les lésions de plusieurs maladies transmissibles de l'homme et des animaux.

Il rattacha, ce qui fut une grave erreur, toutes les granulations ou tous les micrococci virulents à des champignons inférieurs. Suivant le milieu dans lequel tombaient ces granulations sporifères, elles évoluaient plus ou moins complètement vers le végétal adulte d'où elles dérivaient. Si ce milieu était vivant, elles produisaient des affections différentes et plus ou moins graves. Par la culture artificielle sur du blanc d'œuf, des fruits, du pain, de la glycérine, des excréments, etc., Hallier prétendait pouvoir remonter toujours à la forme adulte.

Imbu de ces idées, il attribua: le choléra nostras aux formes élémentaires du *Penicillum crustaceum* qui croît sur un grand nombre de substances végétales humides, et à celles du *Tilletia caries* qui cause la carie des blés; le choléra asiatique, à l'*Urocystis Orizæ*, un champignon du riz.

Dans la sérosité des pustules varioliques, Hallier cultiva un micrococcus qui serait un état allotropique de la *Torula rufescens*, champignon que l'on trouve sur des fumiers ou des excréments desséchés. Zurn et Hallier assignèrent la même origine aux granulations virulentes du vaccin et rattachèrent celles de la clavelée du mouton à la *Pleospora herbarum* qui végète sur le bois de la vigne, sur les pommes et les prunes. Il n'est pas jusqu'au vulgaire *Mucor mucedo* qui, à son tour, d'après Weiss et Zurn, ne produirait sous forme de micrococcus la péripneumonie contagieuse des bêtes bovines, voire même la rougeole des enfants, d'après Hallier.

La doctrine cryptogamique du botaniste d'Iéna, qui paraissait reposer sur des expériences rigoureuses, avait de plus, au premier abord, l'avantage de concilier les idées régnantes sur le parasitisme avec l'observation anatomo-pathologique. Le microscope montrait dans les organismes infectés des microcoques ou des bacilles. Le polymorphisme de Hallier permettait d'en saisir la source susceptible de s'épuiser et de renaître spontanément, de façon à expliquer l'apparition, la propagation et l'extinction des épidémies.

Toutefois, elle était passible d'objections sérieuses et surtout elle manquait d'une base solide : Hallier, en effet, n'a jamais démontré qu'il était capable de communiquer une maladie virulente avec le résultat de ses cultures.

Cette doctrine confuse et stérile fut combattue par de Bary et Cohn; elle fut éclipsée par les travaux de ces dix dernières années et tomba dans l'oubli.

M. Koch inaugura cette série (1876), en cultivant jusqu'à la sporulation le bacille du sang de rate dans le sérum ou dans l'humeur aqueuse, sur la

platine du microscope, d'après la méthode de Cohn, et en montrant que les produits des cultures successives conservent la virulence des bacilles ensemencés. M. Pasteur reprit, avec ses élèves MM. Joubert et Chamberland, la culture du bacille charbonneux dans des récipients où les microorganismes virulents pouvaient évoluer en toute liberté. Ce procédé était imité de celui que l'auteur avait employé autrefois pour la culture du ferment alcoolique, du ferment butyrique, etc.

Par la même méthode, M. Pasteur fit ressortir la nature animée de l'agent virulent de la pyémie et de la septicémie gangréneuse. Il reconnut enfin que, parmi ces organismes pathogènes, il en est qui, à l'exemple des ferments, recherchent pour évoluer, le contact de l'oxygène libre (*aérobies*), tandis que d'autres se développent en dehors de la présence de ce gaz (*anaérobies*).

Aussitôt, une suite ininterrompue de découvertes illumina le champ de la pathologie : Toussaint détermina le microorganisme producteur du choléra des poules, Klein, Pasteur et Thuilier, celui du rouget du porc, Arloing, Cornevin et Thomas, celui du charbon emphysémateux du bœuf, Bouchard, Capitan et Charrin, Löfler, celui de la morve, Toussaint, Koch, celui de la tuberculose. Ce dernier détermina aussi le microorganisme du choléra asiatique.

Assurément, cette énumération ne comprend pas toutes les maladies dans lesquelles on a cité l'existence de corpuscules animés. La liste en est beaucoup plus longue. Malheureusement, le rapport de cause à effet entre les microorganismes et la maladie n'est pas encore irréfutablement établi pour toutes ces affections. Quoi qu'il en soit, les esprits se sont affermis dans la conviction que la virulence est fonction de la vie d'organismes inférieurs.

V

On a hésité longtemps sur la place de ces organismes dans la série des êtres vivants. De là, les noms de microphytes, microzoaires, microgermes, micrococci, microzymas, vibrions, bactéries, leptothrix, etc., etc., sous lesquels on les a désignés, d'une manière générale. Frappé des inconvénients d'une synonymie qui soulevait à chaque instant des contestations entre savants, Sédillot proposa, en 1878, de désigner ces êtres par le terme de Microbes (μίκρος, petit, βίος, vie) qui n'impliquait que l'existence de propriétés sur lesquelles tout le monde était d'accord.

Aujourd'hui, on est unanime pour ranger les microbes pathogènes dans le règne végétal et dans le groupe des Bactériens. Mais il ne faudrait pas supposer que la discussion fût close sur ce sujet. Microbes n'a pas d'autre signification que microorganismes et Bactéries n'a pas un sens très précis. Les bactériens virulents sont nombreux; ils appartiennent à des espèces et à des genres distincts. Quelques-uns sont assez complètement étudiés pour recevoir une désignation et une place particulières. D'autres se distinguent seulement par leurs propriétés, critérium le plus important pour les microorganismes pathogènes et dont il faut se contenter momentanément.

La marche de la science ne peut être enrayée par une simple question de taxonomie ou de mots. Les meilleurs esprits se sont ralliés à cette opinion. Aussi voyons-nous grandir de jour en jour le nombre et l'importance des découvertes de la bactériologie ou microbiologie. Appliquées à la pathologie, elles démontrent de plus en plus que les virus et les ferments sont identiques.

Longtemps obscurcies par les théories et les systèmes, nos idées se sont éclairées tout à coup au flambeau de l'expérimentation.

Les microbes pathogènes sont nombreux et l'on aimerait à pouvoir leur assigner des caractères morphologiques précis. Malheureusement, la polymorphie, commune dans le monde des champignons, s'étend aux algues inférieures. Les assertions de M. Zopf sur ce point ont été confirmées en grande partie par plusieurs observateurs. Dans tous les cas, elles ne paraissent plus exagérées. On sait pertinemment qu'il suffit de modifier la composition du milieu nutritif, celle de l'atmosphère ambiante, de faire varier la température, pour changer notablement la forme extérieure et les dimensions d'un microbe, au point qu'il serait permis de le transporter tantôt dans un genre, tantôt dans un autre.

En présence de l'incertitude des caractères morphologiques, le microbiste s'est attaché aux propriétés pathogènes. Il a cru qu'un bactérien est surtout caractérisé par la maladie qu'il peut déterminer chez l'homme où les animaux. Mais les progrès de la science lui enlevèrent jusqu'à cette planche de salut. On est parvenu à supprimer peu à peu la virulence d'un microbe pathogène, en lui conservant son pouvoir végétatif. Ainsi transformé, il vit et se multiplie comme un microbe vulgaire. Toutefois, les expériences de M. Pasteur sur le microbe du choléra des poules, celles de M. Arloing sur le streptocoque de la septicémie puerpérale et surtout celles de M. Chauveau sur le bacille du charbon, ont établi que si un microbe dépourvu de virulence rencontre dans la nature certaines conditions de milieu, il reprend plus ou moins rapidement toute sa malignité.

Plus on va, plus s'effacent les limites tranchées que l'on avait cherché à établir entre les bactéries

vulgaires et les bactéries virulentes, entre le *saprogénisme* et le *pathogénisme*.

VI

Cette revue serait incomplète, si nous n'examinions l'évolution des idées sur le mécanisme de la maladie dans les affections virulentes.

L'état solide et la nature animée des virus une fois démontrés, on a supposé que les microbes entraînaient la maladie et la mort soit en obstruant les vaisseaux sanguins dans les organes indispensables à la vie, soit en disputant victorieusement des éléments nutritifs à l'organisme assiégé par eux.

Il est probable que ces deux modalités de l'influence microbienne ne sont pas étrangères à la production de la maladie; mais elles ne constituent pas toute la pathogénie virulente. Ainsi, dans certaines affections, telle que la tuberculose, les microbes irritent les cellules des organes et provoquent des inflammations qui envahissent progressivement les tissus, les suppriment au point de vue fonctionnel et entraînent leur dégénération.

Bientôt, l'assimilation des microbes aux ferments est devenue plus complète. On leur a attribué la faculté de sécréter des poisons qui se mélangent aux liquides nutritifs et provoquent des troubles divers, dont la description reproduit toute la symptomatologie des maladies virulentes. Expérimentateurs et cliniciens se sont donné la main pour démontrer que les microbes virulents exercent cette faculté dans les cultures artificielles et dans l'économie des malades.

La virulence est donc proportionnelle à la quantité et à la qualité des produits secrétés. Mais que sont ces produits? On a d'abord songé à les comparer aux alcaloïdes cadavériques, puis aux substances toxiques fabriquées par les cellules de l'organisme pendant le mouvement nutritif. Les recherches de M. Armand Gautier et de M. Brieger ont largement contribué à les faire assimiler aux substances connues sous le nom de *ptomaïnes* ou de *leucomaïnes*. Des travaux plus récents ont montré que les substances toxiques sécrétées par les microbes et qui impriment aux maladies virulentes leur faciès particulier, sont probablement multiples. Nous avons eu l'occasion de voir que certains microbes fabriquent de véritables diastases dont le rôle pathogénique, local et général, est quelquefois plus important que celui des ptomaïnes. Aussi, pour ne pas trop préjuger de la nature des matières essentiellement actives parmi celles que fabriquent les microbes pathogènes, on leur donne souvent aujourd'hui le nom vague de *toxines* ou de *toxalbumines*.

Grâce aux assertions de M. Chauveau et de Toussaint et aux recherches expérimentales de Woolridge, de M. Charrin, de MM. Salmon et Smith, de MM. Roux et Chamberland, on sait que les sécrétions microbiennes prennent une large part dans la production de l'immunité accidentelle et provoquée dans les maladies virulentes qui ne récidivent pas. D'après ces vues, dans les affections sans lésions déterminées et sans siège fixe, le microbe n'est donc qu'indirectement pathogène et virulent.

M. Bouchard s'est demandé si les toxines ne renfermeraient pas des *matières toxiques* proprement dites et des *matières vaccinantes* que l'on pourrait séparer, au grand profit de l'immunité. Les expériences de M. Gamaleia ont prouvé que cette hypothèse est fondée, au moins dans certains cas.

L'action des toxines est encore plus variée que nous l'avons dit dans les lignes précédentes. Elle paraît encore, dans de rares circonstances, favoriser la pullulation des microbes dans des organismes doués de réceptivité, ou la permettre chez des animaux absolument réfractaires. Nous devons surtout cette notion nouvelle à M. Courmont et à M. Roger.

Par leurs sécrétions, les microbes peuvent donc empoisonner, préparer ou stériliser les terrains animés où ils s'implantent. Mais il faut bien noter que ces résultats sont loin d'être obtenus toujours séparément. Le plus souvent, la stérilisation est précédée et accompagnée d'une intoxication quelquefois mortelle.

En étudiant l'organisme aux prises avec les microbes virulents, on a constaté qu'il opposait aux envahisseurs une résistance plus ou moins grande, assez énergique parfois pour triompher de leurs attaques. Les travaux de M. Metchnikoff, de MM. Massart et Bordet, sur le phagocytisme et la migration des cellules lymphatiques, ont jeté une certaine clarté sur quelques points de cet important travail. On en a conclu que la pathogénie virulente n'est pas tout entière dans le microbe. Le microbe est bien la semence, le virus sans lequel il n'y a pas de maladie; mais l'organisme vivant est comme un terrain dans lequel la semence rencontre ou ne trouve pas les conditions favorables et nécessaires à sa germination. Bien plus, pour qu'il y ait maladie, il faut encore que l'économie, dans ses éléments, ses tissus ou ses systèmes, réagisse sous les sécrétions du microbe envahisseur; sinon, la contamination restera sans effet.

S. Arloing,

Correspondant de l'Académie des Sciences,
Directeur de l'Ecole vétérinaire de Lyon.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DU HALO EN PHOTOGRAPHIE [1]

On remarque fréquemment sur les clichés photographiques un empiétement des parties opaques sur les parties transparentes. Les contours de l'image des objets lumineux ou vivement éclairés ne sont pas nettement définis ; ils envahissent les portions voisines et s'étendent d'autant plus que la radiation émise ou réfléchie par l'objet considéré est plus intense.

On a donné jusqu'ici de ce phénomène l'explication suivante :

Considérons une lame de verre MNFG (fig. 1) dont la surface MN est recouverte d'une matière sensible. Les rayons lumineux qui forment l'image et qui frappent la substance impressionnable subissent une extinction en même temps qu'ils déterminent la modification latente de cette substance. Mais ils ne sont généralement pas absorbés d'une façon complète. Une fraction de la lumière

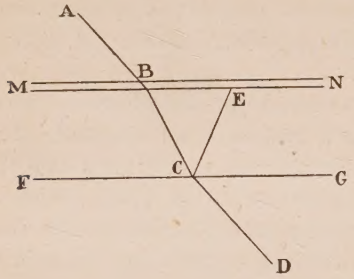

Fig. 1.

du pinceau incident AB traverse la couche. Les rayons non absorbés se réfractent dans la lame de verre suivant BC; ils sont alors en partie transmis suivant CD, et en partie réfléchis sur la face postérieure FG de cette lame; ils agissent donc de nouveau en E sur la couche sensible.

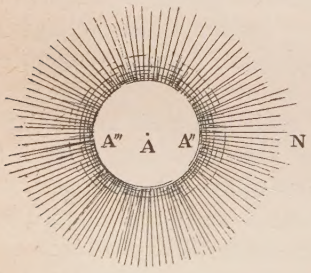

Fig. 2.

Cette explication fort simple et qui vient tout d'abord à l'esprit n'est pas compatible avec un certain nombre de faits se rattachant au même ordre de phénomènes. Si l'on photographie, par exemple, une petite surface lumineuse se détachant sur un fond noir, telle que la flamme d'une bougie située dans un lieu obscur assez loin de l'appareil pour que l'image soit très petite, on peut constater sur le négatif que le halo principal A″N (fig. 2) est séparé de l'image A par une couronne A″A‴. Cette apparence peut être généralement constatée autour de l'image des becs de gaz dans les photographies obtenues la nuit.

D'autre part, quand on supprime le support ou que l'on utilise des pellicules sensibles, on constate que le halo, bien que réduit dans une large mesure, ne disparaît pas cependant d'une manière complète.

I

Nous nous sommes appliqués à analyser expérimentalement le phénomène, et, procédant par élimination, à en déterminer les causes autant que possible avec leur valeur relative.

Nous avons été conduits à rechercher la fraction de halo due :

1° Au support ;

2° A la diffusion dans la couche sensible ;

3° Au passage des rayons lumineux à travers l'objectif.

Pour atteindre ce but, nous avons disposé une chambre noire munie d'un objectif en face d'un petit disque blanc éclairé par une lumière très intense et se détachant sur un fond noir.

Après avoir mis au point, sur la glace dépolie, l'image du disque, nous avons exposé, pendant le même temps, une série de surfaces sensibles provenant d'une même préparation.

L'exposition d'une plaque ordinaire sur verre, sans précaution spéciale, nous a donné d'abord le halo total. L'influence du support a été ensuite éliminée en opérant soit avec des couches sensibles étendues sur des supports opaques et présentant une surface noire mate, soit encore avec des pellicules constituées uniquement par l'émulsion sèche.

On a pu constater que le halo se trouvait alors notablement réduit et qu'il n'était pas possible, dans ce cas, de trouver trace de la couronne représentée dans la figure 2.

Une fraction importante du halo est donc due aux conditions énoncées en 2° et en 3°.

Il importait ensuite de déterminer l'effet de la diffusion des rayons lumineux dans la couche sensible. Cette détermination eut lieu de la manière suivante :

Continuant à faire usage des surfaces sensibles sur support opaque, nous fixions sur ces surfaces un écran percé d'une ouverture circulaire corres-

[1] Voyez aussi sur ce sujet l'important mémoire de M. A. Cornu, de l'Institut, dont M. Gariel a rendu compte dans notre numéro du 30 mai 1890, page 304. *N. D. L. R.*

pondant exactement à l'image du disque lumineux et ne laissant agir la lumière sur la matière impressionnable que sur cette image même. L'influence du support était ainsi supprimée, seule la diffusion dans la couche de gélatino-bromure pouvait, dans ce cas, déterminer l'élargissement de l'image.

L'expérience a montré que l'effet de cette diffusion est extrêmement faible et peut être considéré pratiquement comme nul. Il fut facile d'ailleurs de contrôler ces résultats par une expérience qui est la contre-partie de la précédente. Cette expérience consiste à masquer exactement par un écran circulaire opaque et noir mat la portion de la couche sur laquelle l'image du disque vient se former, en employant toujours les supports opaques. La valeur de la fraction du halo attribuable au passage des rayons lumineux à travers les lentilles de l'objectif pouvait alors être appréciée. L'impression dans ce cas fut en concordance complète avec les opérations antérieures. Si, en effet, on superpose les négatifs obtenus avec les dispositifs précédents, on peut constater que l'image qui en résulte est identique à celle que l'on obtient sur une plaque ordinaire et sans précautions spéciales. On peut d'ailleurs observer directement l'effet de l'objectif. Il suffit pour cela de disposer un appareil photographique dans un laboratoire obscur et de mettre au point sur un écran très mince l'image d'un disque suffisamment éclairé, découpé dans le volet de ce laboratoire. Si l'on ne prend aucune précaution particulière, l'image du disque semble se détacher nette et brillante sur le fond noir et il n'est pas possible de constater l'existence du halo ; mais si l'on vient à masquer exactement l'image à l'aide d'un écran de même forme que celle ci, on remarque aussitôt l'auréole qui rayonne souvent fort loin.

L'œil, en quelque sorte ébloui par l'image très lumineuse, est incapable de percevoir la lumière faible qui règne autour de cette image ; ce qui prouve une fois de plus combien la plaque photographique voit, dans certains cas, mieux que l'œil, et quel important concours elle peut apporter dans l'observation.

On peut conclure de là que le halo est dû à deux causes principales : au support et à l'objectif.

II

Influence du support. — L'expérience montre que l'apparence que nous offre la figure 2, apparence qui consiste en une auréole séparée de l'image par une couronne, n'est due qu'au support. On peut constater que cette couronne est toujours circulaire, quelle que soit l'incidence des rayons ; qu'elle soit placée au bord de la plaque sensible ou vers le centre, elle ne change point de forme.

Considérons en A (fig. 3) sur la couche sensible MN l'image d'un point lumineux. La subtance sensible translucide diffuse le pinceau incident en A, et l'on peut considérer ce point comme une source lumineuse qui envoie des rayons dans toutes les directions.

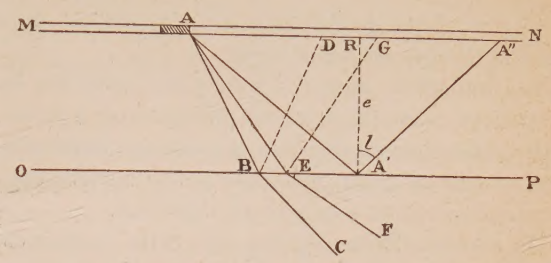

Fig. 3.

Les rayons tels que AB, AE, sont en partie transmis suivant BC, EF, et en partie réfléchis suivant BD, EG. Mais on peut remarquer que lorsque les rayons qui, émanés de A, frappent la face postérieure du verre OP, de façon à former avec la normale à cette surface un angle AA′R égal à l'angle limite ou plus grand que ce dernier angle, il y a réflexion totale.

Toute la lumière incidente est donc réfléchie suivant A′A″, tandis que pour les rayons tels que AE et AB la plus grande partie de cette lumière est transmise. Une très faible fraction seulement est réfléchie. On conçoit donc que de A en A″ la couche MN reçoive beaucoup moins de lumière que dans le voisinage de N.

L'auréole que l'on constate autour des points lumineux dans certaines photographies est donc due à un phénomène de réflexion totale.

Il est d'ailleurs facile de calculer le diamètre de la couronne. Si l'on appelle e l'épaisseur A′R du verre et l l'angle limite AA′R, on a dans le triangle RAA′ :

$$AR = A'R \text{ tang } l = e \text{ tang } l$$

Or AR est le quart du diamètre de la couronne A″A‴ ; en appelant d ce diamètre on a :

$$d = 4\, e \text{ tang } l.$$

Dans le cas du verre à vitres que nous avons utilisé pour nos expériences, nous avons calculé l'angle limite et nous avons trouvé :

$$l = 41° 48'$$

$$\text{tang } l = 0,894$$

par suite :

$$d = 4\, e \text{ tang } l = e \times 3,576$$

Les diamètres obtenus ont été les suivants :

Épaisseur du verre e en $^m/_m$	Diamètre de la couronne en $^m/_m$	
	Calculé	Mesuré
2,3	8,22	8,1
2,6	9,29	9,2
3,1	11,08	10,9
3,4	12,15	12,0

Les résultats de l'expérience s'accordent donc avec la théorie du phénomène.

Les diamètres mesurés sont plus petits que les diamètres calculés; on aurait pu le prévoir à priori. Cette différence est due à ce que l'image lumineuse A n'est pas un point, mais une petite surface dont les dimensions ne sont pas négligeables.

On conçoit d'ailleurs que plus cette surface est étendue, plus le diamètre de la couronne diminue. La couronne disparaît complètement lorsque la portion lumineuse de la couche atteint une surface qui dépasse une limite donnée. Cette limite dépend elle-même de l'indice de réfraction de la matière dont est composé le support et de l'épaisseur de ce support.

La lecture d'un remarquable mémoire de M. André [1], l'éminent directeur de l'observatoire de Lyon, nous a donné l'idée de représenter graphiquement ce phénomène. Si dans le voisinage de l'image d'un point, et en chacun des éléments de surface du plan focal, on élève une ordonnée dont la longueur soit proportionnelle à l'intensité de l'image développée, on forme un solide de révolution dont la section par un plan, passant par l'axe xy, présente la forme ABCDEF (fig. 4).

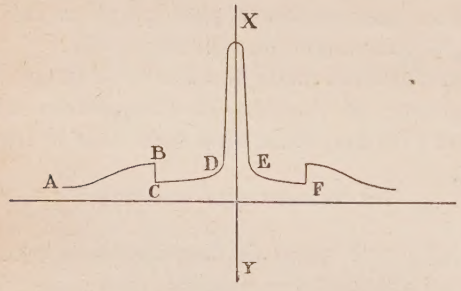

Fig. 4.

Lorsque l'image brillante d'un objet occupe une surface appréciable sur la plaque sensible, on peut se faire une idée de l'effet du support en construisant en chacun des points de cette image le solide représenté par la figure 4.

Ces solides, représentant l'auréole due à chacun des points brillants de l'image, se superposent, empiètent les uns sur les autres et la couronne devient confuse. Elle peut même disparaître complètement lorsque le diamètre de l'image lumineuse dépasse la moitié du diamètre de la couronne que donnerait dans les mêmes conditions un point géométrique.

Il faut donc pour que cette couronne soit visible :

1° Que l'intensité lumineuse de l'image considérée soit suffisante, et que la couche sensible soit assez mince pour transmettre une partie des radiations qui la frappent.

2° Que le temps de pose soit convenablement prolongé.

3° Que la surface occupée par l'image sur le plan focal soit suffisamment réduite.

Influence de l'objectif. — En éliminant, comme il a été indiqué au début de cet article, l'influence du support, on constate expérimentalement que le halo dû à l'emploi de l'objectif va en décroissant au fur et à mesure que l'on s'éloigne des contours de l'image géométrique.

L'expérience nous a montré en outre que l'intensité et l'étendue de l'auréole dépendent essentiellement de l'état des surfaces des lentilles de l'objectif. Elle est réduite au minimum lorsque les lentilles sont parfaitement polies et très propres. Il suffit de déposer une poussière ténue à leur surface pour augmenter le halo dans de très larges limites.

Les clichés obtenus au moyen d'une simple ouverture de petit diamètre pratiquée dans une mince lame métallique fixée aux lieu et place de l'objectif, mettent bien en relief cette influence du défaut de polissage des lentilles. Il est en effet impossible, dans ces conditions, de voir se manifester la moindre auréole si l'on prend la précaution d'éliminer l'influence du support de la couche sensible, et si le diamètre de l'orifice est assez grand pour que l'on puisse négliger l'effet de la diffraction.

L'explication théorique du halo produit par cette dernière cause : *état de l'objectif* reste à trouver, croyons-nous; nous nous proposons de chercher la solution de cette question.

Auguste et Louis Lumière,
Fabricants de plaques photographiques à Lyon.

[1] Comparaison des effets optiques des petits et grands instruments d'astronomie. (Association typographique, Lyon, 1889.)

LES FONCTIONS HYPER-BERNOULLIENNES ET LA FONCTION $p(u)$

La *Revue* a rendu compte il y a quelques mois [1] du travail où nous avons exposé la théorie et quelques applications des *Fonctions hyper-Bernoulliennes* [2].

Nous avons montré comment elles se rattachent à un certain nombre de fonctions connues. Mais, à ce propos, notre mémoire présente une lacune, qu'il importe de signaler.

C'est un fait notable que la fonction $p(u)$ de M. Weierstrass, base de toute la théorie des fonctions elliptiques, telle qu'elle est exposée dans l'ouvrage si remarquable du regretté Halphen [3], peut être considérée comme une fonction hyper-Bernoullienne.

Halphen a observé (*loc. cit.*) que l'expression algébrique $(n-1)A_1A_{n-1}+(n-2)A_2A_{n-2}+\ldots+A_{n-1}A_1$ est susceptible d'une transformation importante. Présentée, comme nous allons le faire, à un point de vue général, cette formule intéresse la théorie de toutes les fonctions hyper-Bernoulliennes.

La formule fondamentale

$$\varphi(n)A_n = A_1A_{n-1}+A_2A_{n-2}+\ldots+A_{n-1}A_1$$

donne

$$n\varphi(n)A_n=(n-1)A_1A_{n-1}+(n-2)A_2A_{n-2}+\ldots+A_{n-1}A_1 + A_1A_{n-1}+2A_2A_{n-2}+\ldots+(n-1)A_{n-1}A_1$$

et, par conséquent,

$$\frac{n}{2}\varphi(n)A_n=(n-1)A_1A_{n-1}+(n-2)A_2A_{n-2}+\ldots+A_{n-1}A_1.$$

Ainsi, l'expression

$$(n-1)A_1A_{n-1}+\ldots+A_{n-1}A_1$$

peut toujours se remplacer, quelle que soit la *clef* $\varphi(n)$, par

$$\frac{n}{2}(A)_n.$$ [4]

Pour l'établir, nous devons rappeler la définition des fonctions hyper-Bernoulliennes. Soient

$$A_1,\ A_2,\ A_3,\ \ldots\ A_n,\ \ldots$$

les coefficients d'une fonction d'une lettre x, développée en série. Si l'on pose, comme nous l'avons fait dans le Mémoire cité,

$$\varphi(n)A_n = (A)_n$$ [1]

il est facile de reconnaître que $p(u)$ est une fonction hyper-Bernoullienne, correspondant à une clef du second ordre.

Posons, avec Halphen (*loc. cit.*, p. 92) :

$$p(u)=\frac{1}{u^2}+C_1+C_2u^2+C_3u^4+\ldots+C_nu^{2n-2}+\ldots.$$

Si l'on tient compte de la relation connue

$$p'''(u)=12p(u)p'(u),$$

en égalant les termes qui correspondent aux mêmes puissances de u, dans les deux membres, on trouve

$C_1=0$, puis

$$(A)\quad (2n-2)(2n-3)(2n-4)C_n=24[(n-1)C_n+ +(n-3)C_{n-2}C_2+(n-4)C_{n-3}C_3+\ldots+C_{n-2}C_2-C_n]$$

D'après cette remarque, la relation (A) prend la forme [2] :

$$\frac{(2n+1)(n-3)}{3}C_n=C_2C_{n-2}+C_3C_{n-3}\ldots+C_{n-2}C_2.$$

---

[1] Voyez la *Revue* du 15 mars dernier, p. 146.

[2] Voyez le Volume LII des *Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers* publiés par l'Académie royale de Belgique.

[3] G.-H. Halphen, membre de l'Institut. *Traité des fonctions elliptiques et de leurs applications*. Paris, Gauthier-Villars, 1886.

[4] Cette remarque, si évidente qu'elle soit, est importante parce que, en posant

$$f(x)=\alpha_0+\alpha_1x+\alpha_2x^2+\ldots+\alpha_nx^n\ldots$$

on a

$$f(x)f'(x)=\ldots[\alpha_1\alpha_{n-1}+2\alpha_2\alpha_{n-2}+\ldots+ +(n-1)\alpha_1\alpha_{n-1}+n\alpha_0\alpha_n]x^{n-1}+\ldots$$

Le coefficient de x^{n-1}, dans ce développement, est donc

$$n\alpha_0\alpha_n+\frac{n}{2}(\alpha)_n.$$

[1] Dans cette formule, $\varphi(n)$ désigne une fonction de n, que nous appelons la *Clef*; et $(A)_n$ représente, symboliquement, la suite

$$A_1A_{n-1}+A_2A_{n-2}+\ldots+A_{n-1}A_1.$$

La formule en question permet donc de calculer, par voie récurrente, les coefficients A, à partir de $n=p$, connaissant $A_1,\ A_2,\ \ldots\ A_{p-1}$.

Dans certains cas, la *série adjointe* aux nombres récurrents α, étant de parité impaire, on doit poser

$$f(x)\equiv\alpha_0x+\alpha_1x^3+\alpha_2x^5\ldots+\alpha_nx^{2n+1}+\ldots$$

Dans cette hypothèse, on a

$$(1)\qquad f(x)f'(x)\equiv\ldots[\alpha_0\alpha_n+3\alpha_1\alpha_{n-1}+\ldots+ +(2n-1)\alpha_{n-1}\alpha_1+(2n+1)\alpha_0\alpha_n]x^{2n+1}+\ldots$$

Pour exprimer le coefficient de x^{2n+1}, en fonction des quantités α_n et $(\alpha)_n$, on observera que les relations :

$$\varphi(n)A_n=A_1A_{n-1}+\ldots+A_{n-1}A_1,$$

$$\frac{n}{2}\varphi(n)A_n=(n-1)A_1A_{n-1}+\ldots+A_{n-1}A_1,$$

donnent

$$(n+1)\varphi(n)A_n=(2n-1)A_1A_{n-1}+\ldots+3A_{n-1}A_1,$$

d'après cela, le coefficient du terme en x^{2n+1}, dans (1), est

$$(2n+2)\alpha_0\alpha_n+(n+1)(\alpha)_n.$$

[2] Pour le calcul nécessaire, très simple d'ailleurs, voyez le *Traité d'Halphen*, p. 92.

égalité qu'on peut écrire

$$\frac{(2n+1)(n-3)}{3}C_n = (C)_n, \quad (H)$$

en adoptant notre notation.

Pour appliquer cette formule, il faut poser

$$(C)_n = C_1 C_{n-1} + C_2 C_{n-2} + \ldots + C_{n-1} C_1,$$

en supposant

$$C_1 = 0, \quad n = 4, 5, \ldots$$

La formule ne fait pas connaître les coefficients C_2, C_3; mais ceux-ci se calculent, comme l'on sait, directement, par les égalités :

$$C_2 = \frac{g_2}{20}, \qquad C_3 = \frac{g_3}{28};$$

g_2, g_3 désignant les *invariants* de $p(u)$.

En résumé, *la fonction* $\mathrm{p}(u)$, *ou, pour mieux dire, la fonction* $\mathrm{p}(u) - \frac{1}{u^2}$ *est une fonction hyper-Bernoullienne, correspondant à une clef du second degré, dont la valeur est*

$$\frac{(2n+1)(n-3)}{3}.$$

De cette observation découle, si nous ne nous trompons, un intérêt nouveau s'attachant à ces fonctions hyper-Bernoulliennes qui nous ont conduit, entre autres conséquences dignes de fixer sur elles l'attention, à l'intégration *directe* de l'équation de Riccati, dans le cas le plus général.

Nous ferons une dernière remarque.

Nous avons tenu, en signalant la propriété précédente relative à la fonction $p(u)$, à reproduire la démonstration qu'en a donnée Halphen. Mais on peut observer que la formule (H) s'obtient plus rapidement de la manière suivante.

Prenons la relation (Halphen, p. 27) :

$$p''(u) = 6p^2(u) - \tfrac{1}{2}g_2,$$

on a, immédiatement,

$$\ldots (2n-2)(2n-3)C_n u^{2n-4} \ldots = \ldots 6[2C_n + (C)_n]u^{2n-4} \ldots$$

et, par suite

$$[(n-1)(2n-3) - 6]C_n = 3(C)_n,$$

ou, finalement,

$$\frac{(2n+1)(n-3)}{3}C_n = (C)_n,$$

comme nous l'avons déjà vu.

G. de Longchamps,
Professeur au lycée Charlemagne.

LAVOISIER, D'APRÈS M. BERTHELOT [1]

Lorsqu'il y a deux ans fut annoncé le bel ouvrage de M. Grimaux sur Lavoisier, cette nouvelle étonna d'abord le monde savant. Il semblait que, près d'un siècle s'étant écoulé depuis la mort de notre illustre compatriote, tout eût dû être dit sur sa personne et ses travaux. Dumas, en 1836, lui avait consacré, dans sa *Philosophie chimique*, des pages émues, demeurées dans toutes les mémoires. Il avait ensuite, selon ses propres paroles, « doté les chimistes de leur bréviaire », en publiant les *Œuvres* du créateur de leur science. Wurtz, dans la magistrale préface du *Dictionnaire*, avait défini le caractère et la portée de la révolution opérée par Lavoisier. Aucun hommage n'avait manqué à sa gloire, partout célébrée, même dans la patrie de Priestley, naturellement peu encline à voir dans la chimie « une science française ». L'origine de chacune de ses découvertes avait provoqué à ce sujet, dans tous les pays, de retentissantes controverses, après lesquelles paraissait terminée la tâche de l'historien.

Le livre de M. Grimaux justifia l'intérêt causé par son apparition : on y trouva, rassemblés avec art, des documents inédits qui éclairaient d'un jour nouveau la grande figure de Lavoisier : on fut charmé d'apprendre sur la vie du grand homme, son caractère, ses goûts, ses amitiés, ses occupations de chaque jour et sa façon de travailler, quantité de faits intéressants. C'était un Lavoisier, sinon nouveau, au moins beaucoup mieux connu, qui se dégageait de cette consciencieuse étude. L'auteur s'était surtout appliqué à nous donner la biographie du financier et du savant, jugeant suffisamment connue, pour n'y plus guère revenir, l'histoire des découvertes qui ont immortalisé sa mémoire.

Contre toute attente, cette histoire vient de recevoir un précieux complément d'information. Les registres de laboratoire de Lavoisier, restés jusqu'alors propriété de famille, ont été récemment déposés par son héritier, M. de Chazelles, dans les archives de l'Institut, où ils ont tout de suite attiré

[1] M. Berthelot, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. — *La Révolution chimique :* Lavoisier; 1 vol. in-8° de la Bibliothèque scientifique internationale. Paris, Alcan, 1890.

la curiosité philosophique de M. Berthelot. On ne saurait y chercher des révélations sur des travaux de Lavoisier demeurés inconnus. L'intérêt de ces documents est ailleurs. Ils nous renseignent moins sur les découvertes du fondateur de la Chimie que sur la manière dont il les faisait, la discipline qu'il s'imposait dans la critique expérimentale des opinions scientifiques, les hypothèses que la vue immédiate des faits suscitait dans son esprit, la série des raisonnements intimes qui le conduisaient tantôt à les abandonner, tantôt à les modifier, plus souvent à les étendre.

En raison de la haute importance que ces *Registres* offrent à ce point de vue, M. Berthelot a tenu à en publier l'analyse avec quelque détail. Il y a joint de précieux commentaires qui en facilitent l'intelligence et mettent bien en lumière la méthode suivie par Lavoisier dans toutes les directions où s'engageait son esprit. L'éminent Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences est ainsi parvenu à reconstituer ce qu'en quelque sorte on pourrait appeler l'évolution psychologique de Lavoisier, la série des phases que son génie a successivement traversées, l'enchaînement logique des découvertes et l'histoire précise des idées qu'il a introduites dans le monde.

L'ouvrage que nous analysons a pour objet cette exposition méthodique. Mettant à profit les données depuis longtemps acquises, celles que l'on doit à M. Grimaux, enfin les faits qui résultent de l'examen attentif des *Registres*, l'auteur nous apporte une étude d'ensemble sur Lavoisier, principalement sur son œuvre. Il nous paraît d'autant plus intéressant d'en rendre compte que des critiques, dont nous aurons à apprécier la justesse, viennent d'être adressées d'outre-Manche au livre de M. Berthelot.

I

L'enfance et l'adolescence de Lavoisier ont été souvent racontées. Nous n'y reviendrons pas. Après quelques tentatives littéraires, il se prit de passion pour la culture scientifique générale, étudia l'astronomie avec La Caille, la botanique avec Bernard de Jussieu, la minéralogie avec Guettard, la chimie avec Rouelle. S'il entra plus tard dans la finance, ce fut pour en vivre, et non pas que par goût il s'y sentît attiré. Il s'y montra bienfaisant, étant, « comme tous les esprits élevés de son temps, sympathique aux causes populaires ». Cependant, incapable du généreux dévouement d'un d'Alembert à la philosophie et à l'humanité, il assista en quelque sorte avec indifférence, tout au moins sans y prendre part, à la révolution morale qu'accomplissaient autour de lui les plus célèbres de ses contemporains. Les sciences de la Nature absorbaient son enthousiasme. Il leur consacrait six heures par jour, répétant les expériences récentes des physiciens, ses émules, et s'exerçant à les interpréter. Cette pratique de Lavoisier, malheureusement peu imitée aujourd'hui, mérite, croyons-nous, qu'on la remarque, car elle est en parfaite harmonie avec son œuvre, toute d'analyse et de discussion. Elle lui attirait la visite fréquente des gens de science. Macquer, Baumé, Darcet, Guyton de Morveau, Charles, Lagrange, Laplace, Meunier, Séguin, Monge, Berthollet, Fourcroy se réunissaient souvent dans son laboratoire. Ils s'y rencontraient avec quelques grands seigneurs intelligents et des savants étrangers, en passage à Paris, qui s'appelaient Priestley Watt, Franklin, Blagden, Igenhousz. Lavoisier travaillait en leur présence, quelquefois avec leur concours. Un jour par semaine il s'isolait : en compagnie de sa femme, il se livrait du matin au soir à des recherches originales. Libre de tout préjugé d'école, il osait douter des théories qui ne satisfaisaient pas sa raison, éprise de clarté et de rigueur, et il instituait des expériences pour les juger.

C'est de là qu'est sortie toute son œuvre. M. Berthelot la résume en disant qu'*il a changé la conception de la matière*. De son temps, en effet, subsistait, quoique sous une forme épurée, le système de la vieille alchimie, encore tout empreint de la philosophie de Platon. L'une des modalités de la substance des corps, — celle que nous appelons aujourd'hui leur *état*, — était prise pour leur substance même. C'est ainsi que l'eau, identifiée à la liquidité, constituait un élément, comme l'air et le feu, principes de la gazéité et de la chaleur. Pour transformer un corps en un autre, il suffisait d'y accumuler les propriétés, considérées comme contingentes, de ce dernier : couleur, densité, etc... Mais, l'insuccès prolongé de l'alchimie avait fini par faire abandonner cet espoir relativement aux métaux ; on se sentait obligé d'admettre en chacun d'eux un radical permanent, en quelque sorte personnel. Loin d'étendre cette conclusion au carbone, au soufre, à l'arsenic, au phosphore, aux gaz, d'une façon générale à nos métalloïdes actuels, on les confondait avec les phénomènes mêmes de leurs réactions. Le soufre disparaissait en dégageant, comme au temps de Pline, le feu qu'il contenait.

Stahl, vers le commencement du XVIII^e^ siècle, avait essayé de comprendre ces faits dans une loi commune : il rapprochait la combustion et la calcination, voyant à la fois, dans les corps inflammables et dans les métaux, des substances unies au principe du feu ou *phlogistique*. En chauffant les métaux, on libérait le phlogistique et l'on isolait ainsi les *terres*.

A l'époque même de Lavoisier, cette théorie était

universellement acceptée. On avait depuis longtemps oublié les remarques fort justes, incomprises d'ailleurs, qu'avait faites autrefois (1630) le médecin Jean Rey sur l'augmentation de poids des métaux qui se convertissent en terres. La récente découverte de l'oxygène par Priestley et les observations, à la vérité fort confuses, de Bayen sur la calcination du mercure, ne suggérèrent à personne des doutes sur la doctrine de Stahl. On peut dire avec vérité qu'à cette époque Macquer exprimait l'opinion unanime de ses contemporains, en écrivant : « La combustion est le dégagement du principe de l'inflammabilité. »

Seul, Lavoisier a renversé cette théorie. Il lui a substitué la notion absolue de substances élémentaires, distinctes du principe du feu, et se conservant à travers la série, pour ainsi dire indéfinie, de leurs combinaisons, sans perte ni addition de poids. Le premier, il sépara de la matière tangible la chaleur et la lumière, souvent employées pour la transformer, et reconnut le caractère impondérable de ces derniers agents. Loin de concevoir cette révolution dès le début de sa carrière, c'est par une longue suite de *pourquoi* successivement résolus qu'il fut conduit à l'effectuer.

II

Il porta surtout son attention sur les conséquences à tirer de l'emploi judicieux de la balance dans l'étude des réactions chimiques. M. Berthelot relève à cet égard l'erreur commune qui consiste à attribuer à Lavoisier la découverte du principe : « Rien ne se perd, rien ne se crée. » C'était là une idée fort ancienne, conçue par Epicure et les atomistes de l'Antiquité, formulée par Lucrèce, admise ensuite par les alchimistes. Contrairement aussi à l'opinion vulgaire, ce n'est pas Lavoisier qui a fait l'application de la balance à la chimie. Elle existait dans les laboratoires depuis fort longtemps. Zosime le Panopolitain en parle dans ses écrits. Pendant tout le moyen âge les chercheurs de pierre philosophale y ont eu recours. Le mérite de Lavoisier est d'avoir su s'en servir pour établir la permanence du poids, non de la matière en général, mais des différentes sortes de corps qu'on peut engager dans les combinaisons.

Plusieurs avaient jusqu'alors échappé à la pesée, parce qu'on ignorait la forme gazeuse qu'ils sont susceptibles d'affecter. La notion de gaz elle-même commençait à peine à se constituer. Suivant la vieille doctrine alchimique, l'air atmosphérique représentait l'essence commune à tous les fluides incoercibles. Ceux qu'avaient obtenus Van Helmont, Robert Boyle, Hales et leurs successeurs jusqu'à la seconde moitié du XVIII^e^ siècle, avaient été tenus pour de l'air vicié, et non pour des gaz distincts de l'air ordinaire. Black, en 1757, *s'appuyant sur des pesées rigoureuses*, soutint le premier que *l'air sylvestre*, — notre acide carbonique, — possède une existence propre. Il en donna cette preuve qu'il peut s'unir à la chaux « en lui faisant perdre sa causticité » et « en être régénéré par l'action du feu ou des acides ». Cette observation géniale de la fixation de l'air dans les corps prépara celle de Lavoisier sur l'oxydation des métaux. Elle était si nouvelle que pendant quelque temps encore on n'imagina pas qu'elle pût mener à une loi générale. Lorsqu'en 1767 Cavendish démontra que l'hydrogène est un gaz spécial, il le considéra comme un composé d'air atmosphérique et de matière inflammable. Egalement imbu de la théorie de Stahl, Priestley s'obstina jusqu'à sa mort (1804) à voir de *l'air déphlogistiqué* dans l'oxygène, dont pourtant il avait eu l'habileté de reconnaître non seulement l'existence, mais les principales réactions. Il interpréta suivant la même doctrine la constitution de *l'air alcalin*, — notre ammoniac, — et des gaz aujourd'hui appelés azote, bioxyde et protoxyde d'azote, acide chlorhydrique et acide sulfureux, corps dont la chimie lui est redevable.

Si précieuse que fût la découverte de ces derniers gaz et de quelques autres, — par exemple celle du chlore par Scheele, — elle ne tranchait pas d'une façon décisive la question, que Lavoisier se posait alors dans ses *Registres*, de savoir si les différents *airs*, naturels ou artificiellement obtenus, sont « des substances à part ou des modifications de l'air atmosphérique ». Elles indiquaient toutefois que dans les opérations de la chimie il y avait lieu de tenir compte du poids de ces gaz.

Cette idée guida Lavoisier. A partir de 1774 il reconnut que c'est l'union intime d'une partie de l'air aux métaux, au carbone, au soufre, au phosphore qui produit les terres et les acides carbonique, sulfureux, phosphorique, etc... Ses expériences à ce sujet révélèrent un univers nouveau : au premier plan les relations pondérales des corps qui se combinent, — loi qui contient tout le système de la chimie, — au second plan la nature composée de l'air, formé de deux gaz, l'un actif dans la combustion, l'autre inerte. Cette dernière conclusion, presque sacrilège, substituait au dogme scientifique de l'*air-élément* la notion de l'état gazeux « applicable à une multitude de corps, sinon à tous ». Bientôt la découverte, non moins subversive, de la composition de l'eau, préparée par Cavendish et réalisée par Lavoisier (1783) étendit cette révolution.

Gazéité, liquidité, solidité apparaissaient dès lors comme des états de la matière déterminés par la quantité de feu qui la pénètre. Ce feu n'ajoutant aucun poids aux substances qui se combinent ou

se décomposent, il fallait enfin proclamer l'impondérabilité de la chaleur et lui assigner une nature absolument distincte de celle des corps. Ce fut là l'une des plus grandes découvertes de Lavoisier, l'une des plus fécondes qui aient jamais été faites dans la science.

Mais, si la chaleur n'intervenait plus comme poids dans les combinaisons, on ne pouvait cependant nier qu'elle y jouât un grand rôle. Black avait montré, en physique, le travail de la chaleur *latente*. En chimie on devait se demander de même si le feu agit comme substance et par sa masse, ou, simple modalité de la matière, ne représente que le résultat des mouvements moléculaires. Bien que, dans l'impossibilité de résoudre le problème, Lavoisier ait adopté la première hypothèse, plus conforme à la physique de son temps, il chercha avec Laplace ce qui adviendrait de la seconde : les deux savants appliquèrent à la chaleur le principe de la conservation des forces vives et fondèrent la thermochimie. S'il a fallu, après eux, en modifier la conception, c'est qu'ils y avaient introduit une idée fausse en supposant que c'est l'oxygène qui apporte la chaleur à la combustion, comme s'il s'y déchargeait d'une provision latente de calorique. Grâce aux travaux de M. Berthelot, on sait aujourd'hui que la chaleur, au lieu de préexister dans chacun des composants, résulte de leur travail commun.

III

Les conditions physiques et chimiques de la combustion étant déterminées, le phénomène fondamental de la respiration et la production de la chaleur chez les animaux trouvaient leur explication. Cependant Lavoisier dut lutter pour l'imposer. Le premier il osa « assimiler un être vivant à un composé chimique, en étudier l'oxydation par la même méthode et le soumettre », — avec Laplace, — « à des mesures semblables au point de vue de l'évaluation des gaz et de la calorimétrie ». Appliqué à l'homme, « ce genre d'observation, dit Lavoisier, conduit à comparer des emplois de forces entre lesquelles il semblerait n'exister aucun rapport. On peut connaître, par exemple, à combien de livres en poids répondent les efforts d'un homme qui récite un discours, d'un musicien qui joue d'un instrument. On pourrait même évaluer ce qu'il y a de mécanique dans le travail du philosophe qui réfléchit, de l'homme de lettres qui écrit, du musicien qui compose. Ces effets, considérés comme purement moraux, ont quelque chose de physique et de matériel, qui permet, sous ce rapport, de les comparer avec ceux que fait l'homme de peine. Ce n'est donc pas sans quelque justesse que la langue française a confondu sous la dénomination commune de travail, les efforts de l'esprit comme ceux du corps, le travail du cabinet et celui du mercenaire ». C'est ainsi que, parti d'observations d'ordre purement matériel, le génie de Lavoisier conduisait déjà la chimie jusqu'au seuil de cette science si nouvelle qu'à peine commence-t-elle à se constituer depuis vingt ans : la psychologie expérimentale.

Dans le domaine même des combinaisons il ne se contenta pas d'établir des lois générales. Ses études sur la composition de l'eau l'amenèrent à poser les premiers principes de la méthode en chimie organique. On savait depuis longtemps que la combustion de l'alcool donne de l'eau; d'où l'on avait conclu que ce dernier liquide préexiste dans l'alcool. Lavoisier, dosant l'eau formée, en recueillit un poids supérieur à celui de l'alcool employé ; il prit soin de peser aussi l'acide carbonique pendant la combustion. Ainsi fut réalisée « la première *analyse élémentaire* qui ait été faite d'une substance organique ». Cette méthode éclaira l'acte chimique de la fermentation. Elle montra que la fermentation vineuse « consiste dans la séparation du sucre en deux parties, par le seul partage de l'oxygène entre ces deux bases oxydables : le carbone et l'hydrogène ». La putréfaction fut expliquée par une séparation analogue de « composés préexistants », enfin la fermentation *acéteuse*, par une simple oxydation.

IV

Cet ensemble de recherches conduisait, en dernière analyse, à des substances spécifiques, rebelles à toute tentative de décomposition. Ce furent là les *éléments* de Lavoisier. La définition qu'il en donnait était donc toute empirique. Mais, précisément parce qu'elle résumait des faits acquis, elle a servi de base ferme au système des équivalents, déjà conçu par lui en 1785 : « Je puis, disait-il, considérer les matières mises en présence et les résultats obtenus comme une équation algébrique, et, en supposant successivement chacun des éléments de cette équation inconnu, j'en puis tirer une valeur et rectifier ainsi l'expérience par le calcul et le calcul par l'expérience. »

« On voit par là, remarque M. Berthelot, que la chimie était par excellence, aux yeux de Lavoisier, la science de l'analyse. » Il usa cependant de la méthode inverse, mais seulement à titre de contre-épreuve et de vérification. La puissance créatrice de la synthèse « réalisant en actes les conceptions abstraites de la science » n'a été comprise que de nos jours. C'est à elle que la chimie doit d'avoir pu « former ses cadres définitifs et développer les séries indéfinies de ses combinaisons ».

Ces critiques montrent bien qu'en écrivant un livre sur Lavoisier, M. Berthelot a entendu nous donner une *étude*, non un panégyrique à la façon des auteurs

pour lesquels leur héros devient sacré, *noster*, comme on disait autrefois. A l'occasion de chaque découverte importante, il a eu soin d'indiquer les faits que, pour édifier son système, Lavoisier emprunta à ses contemporains. Ce souci tout scientifique de l'impartialité a choqué en France quelques personnes [1] qui confondent, selon nous, l'admiration due au génie avec l'idolâtrie. En Angleterre, le reproche inverse vient d'être adressé au savant professeur du Collège de France : de l'autre côté de la Manche, les chimistes se sont émus de ses assertions; et tout récemment l'un de leurs interprètes les plus autorisés, le Professeur Thorpe, de la Société royale de Londres, a prononcé à ce sujet à l'*Association britannique*, un long discours. Toute son argumentation se résume en ceci : beaucoup de faits sur lesquels reposent les théories de Lavoisier ont été mis au jour par divers savants de son époque, notamment Watt, Cavendish, Priestley. On doit donc considérer comme l'œuvre de ces derniers la doctrine qui découle logiquement de leurs expériences. Cette réponse étonne d'autant plus que presque dans chaque chapitre du livre de M. Berthelot nous voyons Lavoisier occupé à reviser les observations de ses contemporains et réussir à en tirer, par voie d'analyse expérimentale, des conclusions personnelles, absolument originales et nettement contraires à celles des auteurs. C'est ainsi qu'après avoir mis à contribution un travail de Priestley relatif à l'acide nitrique, il put écrire, non sans malice : « Comme les mêmes faits nous ont conduits à des conséquences diamétralement opposées, j'espère que, si l'on me reproche d'avoir emprunté des preuves des ouvrages de ce célèbre physicien, on ne me contestera pas du moins la propriété des conséquences. »

Malgré tout le talent de son plaidoyer et la chaleur de ses convictions, M. Thorpe n'a donc fait, à notre sens, que ressusciter, — suivant la remarque anticipée de M. Berthelot, — « la querelle ancienne entre les inventeurs sagaces des faits particuliers et les hommes de génie qui découvrent les théories générales ». Or ce qui caractérise l'œuvre de Lavoisier, c'est, en quelque sorte, d'avoir fait parler l'expérience pour interpréter tout un ensemble de phénomènes dont personne avant lui n'avait aperçu les rapports. « S'il n'a pas toujours rencontré le premier les faits, dit à ce sujet M. Berthelot, il y a mis son empreinte et leur a donné leur vraie signification. *C'est à lui assurément qu'est dû le système général des théories qui ont transformé la science.* »

Tels furent les services rendus à la civilisation par l'un des plus grands hommes de notre pays. En rendant compte du livre que M. Berthelot lui a consacré, le journal anglais *Nature* écrivait récemment : « On ne trouve aucune statue de Lavoisier dans la ville où il naquit et mourut. Paris républicain craint sans doute de manifester un sentiment de tardif repentir au sujet du crime du 8 mai 1794. » Sans doute nous regrettons de ne point voir sur l'une de nos places publiques, au voisinage de l'Institut, où elle serait particulièrement bien placée, la statue de Lavoisier. Mais ce n'est pas seulement par le marbre ou le bronze que la patrie reconnaissante perpétue le souvenir de ceux qui l'ont illustrée. Plus conforme au pur génie de Lavoisier est le beau monument que M. Berthelot vient d'élever à sa mémoire.

Louis Olivier.

REVUE ANNUELLE DE GÉOLOGIE

Il est impossible de donner en quelques lignes un résumé des observations nouvelles publiées en une année sur la géologie du monde entier; en effet, par suite des progrès de la civilisation, ce n'est plus seulement en Europe que l'étude du sol préoccupe les savants, mais bien dans les contrées les plus éloignées et les plus diverses; partout les gouvernements ont établi des services géologiques chargés d'explorer leur territoire, de sorte que le nombre des travaux publiés chaque année est devenu maintenant considérable. Il nous suffira pour en donner une idée, de rappeler que la simple énonciation de leurs titres remplit plus de cent vingt pages de petit texte dans l'*Annuaire géologique*.

Nous avons dû, par conséquent, renoncer à faire connaître, même brièvement, toutes les découvertes qui ont été publiées, et nous nous bornerons à l'examen d'un petit nombre de travaux pris dans les différentes branches de la géologie.

I

Nous commencerons par appeler l'attention sur un fait d'une grande importance, tant au point de vue scientifique que par les résultats qu'il peut avoir pour l'industrie; nous voulons parler de la

[1] Voyez à ce sujet le *Cosmos* du 12 juillet 1890, p. 408 et suiv.

découverte du terrain houiller à Shakespeare Cliff, auprès de Douvres, découverte annoncée par M. Boyd Dawkins à la Société géologique de Manchester au mois de mars dernier.

Il y a déjà fort longtemps que la question de l'existence du terrain houiller dans le sud de l'Angleterre préoccupe les savants anglais; dès 1826, Buckland et Conybeare avaient remarqué la grande ressemblance des couches exploitées dans le Somersetshire à l'Ouest, et dans le Nord de la France et la Belgique à l'Est, ce qui semblait indiquer que ces deux districts faisaient partie d'un même bassin. Mais c'est seulement vingt-neuf ans plus tard que Godwin Austen déclara nettement qu'il devait exister des couches houillères au-dessous des terrains plus récents du Sud-Est de l'Angleterre.

D'après ce savant, après le dépôt, dans de vastes marais, des accumulations de végétaux qui devaient se changer en charbon, il se produisit dans toute la région un plissement énergique. Les parties élevées de ces ondulations ont été presqu'entièrement enlevées par l'action des agents atmosphériques ou par le choc des vagues sur les lignes de côtes, tandis que les portions basses de ces anciennes courbures ont été préservées par leur situation même. En effet, l'étude des deux régions houillères anglaise et franco-belge montre qu'il existe une série de plissements parallèles à la crête ou axe de l'Artois, se poursuivant depuis le Sud de l'Irlande par le Sud du pays de Galles et le Nord de la France jusqu'en Westphalie, et que c'est dans des sillons longs et étroits de même direction que les dépôts de charbon ont été rencontrés. Si l'axe de l'Artois n'a pas été recouvert par les mers triasique et jurassique, mais seulement par celle du Crétacé, tandis que le Sud de l'Angleterre présente des dépôts secondaires plus développés, ce n'est pas une raison pour que la houille ne se trouve pas dans ce dernier pays sur le prolongement des couches françaises.

Godwin-Austen n'hésitait pas à conclure à l'existence du charbon au-dessous des roches oolithiques et crétacées, et pensait qu'il n'était pas trop éloigné de la surface pour pouvoir être exploité; la vallée de la Tamise et le Weald de Sussex et de Kent lui paraissaient les points les plus favorables pour l'atteindre.

La conviction de ce savant n'était pas partagée par sir Roderick Murchison, alors à la tête du *Geological Survey*, et la question fut abandonnée pendant onze ans. C'est seulement en 1866 qu'une Commission fut nommée pour examiner les assertions de Godwin-Austen; après une étude attentive qui dura cinq ans, M. Prestwich, le rapporteur, déclara qu'il adhérait pleinement aux vues de ce géologue et que les couches de charbon, cachées sous des roches plus récentes, devaient égaler en valeur et en étendue ce qui était déjà connu dans le pays de Galles et le Somerset d'une part, en France et en Belgique d'autre part.

L'année qui suivit le dépôt de ce rapport, un Comité se forma pour exécuter un sondage et choisit pour cela le village de Netherfield près Battle (Sussex), comme étant le point de la région où apparaissaient les assises les plus anciennes; on espérait atteindre les couches paléozoïques à environ 1000 pieds de la surface, en se réservant de pousser le sondage jusqu'à 2000 pieds, s'il était nécessaire.

Mais on dut l'abandonner à 1905 pieds à cause de la rupture du tubage et de la chute d'un outil au fond du puits; on n'était pas encore sorti de l'Oxford-clay (Jurassique), les assises traversées ayant présenté une épaisseur beaucoup plus considérable qu'on ne le supposait d'abord; l'argile kimmeridgienne à elle seule avait 1073 pieds de puissance.

Onze ans s'écoulèrent encore sans qu'une nouvelle recherche eût été tentée; mais pendant ce temps, plusieurs sondages faits aux environs de Londres pour obtenir de l'eau avaient montré que les couches paléozoïques plus anciennes que le Carbonifère se rencontraient à peu près à 1000 pieds de la surface, les terrains secondaires étant très réduits; de plus, la forte inclinaison du Paléozoïque semblait indiquer l'existence de sillons à charbon dans le fond des synclinaux. M. Boyd Dawkins, mettant à profit les résultats de tous ces travaux, déclara que c'était dans les North Downs qu'il fallait exécuter de nouvelles recherches et choisit aux environs de Douvres le point même où avaient été commencées les fouilles du tunnel sous-marin.

Un nouveau forage fut donc entrepris en 1886 et traversa successivement le Crétacé sur une épaisseur de 544 pieds et le Jurassique jusqu'au Bathonien, avec une puissance de 660 pieds. C'est directement au-dessous, c'est-à-dire à 1204 pieds de la surface que le terrain houiller (*Coal-measures*) a été atteint; il se compose de grès, de schistes et d'argile avec une veine de charbon de bonne qualité et des empreintes de *Calamites*.

Il est à remarquer que les dépôts wealdiens (Crétacé inférieur) qui se voient à une faible distance avec une épaisseur de 1200 pieds, font absolument défaut dans le sondage.

M. Boyd Dawkins cherche quelle peut être la valeur de ce nouveau *coal-field*; il prend comme points de comparaison, d'une part, le bassin franco-belge où le terrain houiller, épais de 9400 pieds, contient 110 veines de charbon exploitables d'une

puissance totale de 230 pieds, et d'autre part les terrains du Somerset d'une puissance un peu moindre, mais présentant encore des veines de charbon assez nombreuses et assez importantes pour former par leur réunion une épaisseur de 98 pieds. Il pense que les couches du voisinage de Douvres doivent être presque aussi riches que celles de la Belgique ; mais fussent-elles réduites comme celles du Somersetshire, elles n'en auraient pas moins une très grande importance commerciale.

II

Le mode de formation de la houille fait depuis longtemps l'objet des discussions des géologues et les opinions les plus diverses ont été émises à ce sujet. Pourtant dans ces dernières années, on attribuait généralement à la décomposition des végétaux sur place les couches de combustible que nous trouvons aujourd'hui dans le sol; une conséquence nécessaire de cette hypothèse était l'énorme durée qu'il fallait supposer à la période houillère. M. Fayol s'est élevé contre cette interprétation et dans une série de publications dont la dernière est le compte rendu de la réunion de la Société géologique à Commentry, il a cherché à substituer à l'ancienne manière de voir ce que l'on peut appeler la *théorie des deltas*.

Il trouve en effet la plus grande analogie entre la disposition présentée par les terrains houillers et la structure des deltas actuels; les principaux points de ressemblance sont : la composition par des matériaux charriés par les eaux, l'extrême variabilité d'étendue et de puissance des couches, de grosseur des éléments, les variations de puissance d'un même banc, la disparition rapide des couches, ou leur ramification, la bizarrerie de forme des amas de combustible, l'existence d'intercalations minérales au milieu d'une couche végétale, etc.

M. Fayol a fait une série d'expériences pour se rendre compte de la manière dont les dépôts s'effectuent dans les diverses conditions qui peuvent se présenter, et il en a conclu qu'il y a entre les dépôts artificiels en eau tranquille, les deltas lacustres et les terrains houillers du Plateau central, la plus complète ressemblance. Quant au terrain houiller du Nord de la France et de la Belgique qui présente des allures beaucoup plus tranquilles, il se serait déposé dans un delta marin; les dépôts artificiels en eau agitée présentent en effet une structure analogue.

L'hypothèse de M. Fayol semble avoir été généralement acceptée pour le terrain houiller du Plateau central de la France, mais elle a rencontré beaucoup plus d'opposition de la part de ceux qui ont étudié les bassins houillers du Nord où des couches de combustible de très faible épaisseur se poursuivent avec une régularité parfaite sur une étendue considérable. Quoi qu'il en soit, les expériences de M. Fayol ont démontré que la présence de tiges ou de troncs d'arbres *debout* n'indiquaient pas du tout que ces tiges ou ces troncs d'arbres avaient été enfouis à l'endroit même où ils s'étaient développés, car les dépôts artificiels montrent que les débris végétaux charriés par les eaux prennent souvent la position verticale au moment où ils sont arrêtés dans leur course. Or la présence de plantes debout dans les couches de houille était un des principaux arguments que faisaient valoir les partisans de l'hypothèse de la formation sur place.

M. Fayol s'élève contre l'idée généralement adoptée que les dépôts sédimentaires se sont toujours effectués horizontalement; si cela est vrai le plus souvent pour les dépôts de haute mer, l'inverse se voit presque toujours pour les couches qui se sont déposées dans des deltas et il faut bien se garder de supposer l'existence de mouvements du sol, toutes les fois que l'on rencontre des couches inclinées.

Enfin, ce géologue a calculé que le dépôt des courbes permo-carbonifères de Commentry a pu s'effectuer, d'après sa théorie, en moins de 170 siècles, tandis qu'en admettant l'hypothèse de la formation sur place, le comblement du bassin aurait demandé plus de 8000 siècles.

III

L'origine des schistes cristallins (gneiss, micaschistes, etc.) est loin d'être éclaircie; tandis que les uns les considèrent comme provenant directement, par cristallisation, d'eaux-mères sursaturées, d'autres les regardent comme le résultat du métamorphisme de roches primitivement sédimentaires, et enfin une troisième école pense que ce sont des roches éruptives dans lesquelles une pression énergique a déterminé le feuilletage et l'orientation des éléments cristallins.

Bien que cette question ait été mise à l'ordre du jour du Congrès géologique réuni à Londres en 1888, et qu'elle ait été l'objet de nombreux et importants travaux, elle est encore loin d'être résolue ; aussi doit-on accueillir avec reconnaissance toutes les études qui peuvent, comme celle de M. Bonney sur les Alpes lépontines, faire progresser nos connaissances sur ce sujet difficile [1]. Ce savant géologue, qui s'est fait une spécialité de l'étude des schistes cristallins des Alpes, déclare *a.* qu'un groupe de schistes cristallins est toujour

[1] Q. J. G. S., t. XLVI, p. 187.

plus ancien qu'aucune roche à laquelle des fossiles permettent d'assigner un âge certain; *b.* que l'on peut souvent démontrer l'antériorité de ce groupe cristallin à toutes les roches paléozoïques; *c.* que l'infériorité de la Rauchwacke (Trias) aux vrais schistes cristallins n'est pas réelle, mais a été indiquée par suite d'erreurs stratigraphiques; *d.* que les schistes cristallins ne sont pas des couches sédimentaires métamorphiques, bien qu'ils aient été souvent regardés comme d'âge paléozoïque, mésozoïque ou même tertiaire; *e.* que dans certains cas, les schistes cristallins montrent des indices de sédimentation, et qu'on peut y voir une différence de composition due certainement à des dépôts successifs. Quant aux roches schisteuses (Jurassique), dans lesquelles on a trouvé des Bélemnites et d'autres fossiles, elles ressemblent seulement superficiellement aux schistes cristallins et ne contiennent ni grenats ni staurolites, mais seulement quelques silicates hydratés qui n'indiquent pas un métamorphisme intense.

Pour M. Bonney, jamais une roche sédimentaire paléozoïque ou mésozoïque n'a été métamorphisée en schistes cristallins, une pression même très énergique ne pouvant avoir d'autre effet que de développer quelques petits cristaux.

M. Heim ne partage pas cette opinion. D'accord avec la plupart des géologues suisses, il pense que si les schistes cristallins du Massif central des Alpes ne sont pas des roches sédimentaires modifiées, par contre il existe à Scopi, dans le Valserthal, dans l'Urserenthal, à Piora, à la Nufenen Pass, dans le Val Canaria et dans un grand nombre d'autres points, des roches schisteuses cristallines d'âge mésozoïque; ce sont : *a.* ardoises argileuses avec mica, grenat, zoïsite, staurolite, rutile et Bélemnites, ces dernières étant cristallines et granuleuses ; *b.* des ardoises argileuses avec les mêmes minéraux, alternant avec des couches à Bélemnites; *c.* des schistes verts à amphibole alternant également avec des schistes à Bélemnites; *d.* des phyllites micacés et des micaschistes calcaires; *e.* du marbre avec mica passant à des calcaires jurassiques avec crinoïdes.

Dans le Massif central lui-même, il y a des roches assez difficiles à distinguer des vrais schistes cristallins, et qui pourtant appartiennent certainement au Paléozoïque; ce sont les phyllites, les chloritoschistes, les felsito-schistes, les micaschistes et surtout les gneiss à séricite. Leur âge est démontré par les faits suivants :

a. Dans quelques endroits, on trouve intercalés dans ces roches des lits de schistes graphitiques et quelquefois même anthracifères.

b. Des traces de fossiles y ont souvent été rencontrées (troncs de Calamites à Guttannen dans la vallée du Hasli, plantes carbonifères sur le Tödi, etc).

c. Aux limites du massif central, des zones distinctes d'ardoises carbonifères sont souvent développées dans les gneiss séricitiques; la position de ces roches dans les plis synclinaux des gneiss granitiques anciens est démontrée par l'existence, au milieu des plis, de couches sédimentaires plus récentes et non altérées.

d. M. Heim a déjà montré que, dans le groupe de Tödi-Windgallen, le Verrocano (Permien) lui-même, lorsqu'il est pincé au milieu des schistes cristallins, prend une étroite ressemblance avec eux, et semble faire partie du massif cristallin central.

Les formations paléozoïques montrent les relations tectoniques les plus étroites avec les schistes cristallins anciens et ont été converties elles-mêmes en schistes cristallins. Le Massif central est formé : pour les deux tiers, de véritables schistes cristallins anciens, antérieurs au Cambrien, et qui constituent peut-être en partie la croûte primitive du globe, et pour le troisième tiers, de micaschistes, de séritoschistes, d'amphibolites et d'autres roches similaires, dérivés par métamorphisme dynamique, des argiles, grès et conglomérats paléozoïques. Il est pour lui incontestable qu'une notable partie de ce qui a été regardé comme *schistes cristallins* appartient au Paléozoïque.

Quant aux dépôts mésozoïques, qui surmontent le Primaire tantôt en concordance, tantôt en discordance, ils sont devenus par places cristallins et schisteux, mais ne font jamais partie du Massif central; si le nom de schistes cristallins leur a été quelquefois donné, c'est à un point de vue pétrographique et nullement dans un sens géologique. Leur caractère de roches sédimentaires peut toujours être reconnu, ce qui est au contraire très difficile pour les schistes cristallins paléozoïques.

Dans une étude sur les Hautes-Alpes vaudoises publiée ces jours derniers, M. Renevier [1] confirme la manière de voir de M. Heim; il décrit, sous le nom de *terrains métamorphiques*, un puissant ensemble dont les roches constituantes sont le pétrosilex, les grès métamorphiques, les brèches et poudingues, le granite, les gneiss, les micaschistes, les talcschistes, les schistes amphiboliques, le calcaire.

Toutes ces roches lui paraissent être d'origine évidemment sédimentaire et formées sous l'eau; quelques-unes ont subi un métamorphisme intense qui a produit leur cristallinité, tout en laissant subsister de nombreuses transitions avec les

[1] *Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse*, 16e livraison.

schistes ordinaires. Il donne comme preuve de leur origine sédimentaire : 1° leur stratification évidente sur beaucoup de points comme au pied de la cascade de Pissechèvre près de Lanoy ; 2° la stratification ridée (*Ripplemarks*, *Wellenschläge*) observée en plusieurs endroits ; 3° enfin leur disposition en voûtes régulières, qui est particulièrement nette entre Evionnaz et la Balme, ainsi qu'entre Vernayaz et Martigny.

Les roches cristallines grenues de cette région paraissent provenir, d'après le savant géologue de Lausanne, « d'anciens grès bréchiformes com-« posés à l'origine de fragments anguleux, proba-« blement même cristallins, quartzeux ou feldspa-« thiques, que la forte pression postérieure a si « intimement unis entre eux qu'ils en ont acquis « une grande cohésion.

« Sous l'influence de cette même pression et de « la chaleur qui en résultait, l'eau d'imbibition de « ces roches s'évaporait et développait la structure « cristalline dans le ciment argileux des grès, « comme dans les schistes eux-mêmes. »

Il est ainsi « porté à considérer, dans ces roches « cristallines, le talc, la majeure partie du mica, « l'amphibole aciculaire, etc., comme les produits « d'une cristallisation par métamorphisme ; tandis « que le quartz, le feldspath et autres éléments « grenus ou fragmentaires, lui paraissent au con-« traire d'origine clastique ou détritique ».

L'âge de ces terrains est assez difficile à préciser à cause de l'absence des fossiles : pourtant leur position stratigraphique au-dessous du terrain houiller, incontestable dans la plupart des cas, oblige à les classer dans le Primaire.

Si l'on tient compte en outre de leur liaison intime avec les premières couches houillères, avec lesquelles ils sont partout en concordance parfaite de stratification, et de la très grande analogie de leurs roches constituantes, il semble que la plus grande partie tout au moins des terrains métamorphiques doit être rattachée au Carbonifère inférieur et au Dévonien.

IV

L'étude géologique des régions montagneuses est beaucoup moins avancée que celle des plaines, à cause des difficultés spéciales qu'elle présente ; sans revenir sur les effets de la pression dont nous venons de parler longuement, nous citerons encore parmi les causes qui entravent les recherches des géologues dans les pays de montagnes, l'extrême rareté des fossiles déterminables et surtout les nombreux accidents qui troublent la régularité de la succession des assises. Pour qu'il fût possible d'arriver à comprendre la structure de certains massifs, il a fallu que la série stratigraphique fût établie avec exactitude d'après les recherches exécutées dans des districts moins tourmentés ; aussi est-ce seulement dans ces dernières années que les Alpes et les Pyrénées, pour ne parler que des chaînes de montagnes qui nous touchent de plus près, ont pu être explorées avec fruit et nous ont livré quelques-uns de leurs secrets. C'est ainsi qu'il existait en différents points de la Provence des affleurements anormaux qui avaient jusqu'à présent défié la sagacité des géologues et dont la présence vient d'être expliquée d'une manière très satisfaisante, selon nous, par M. Marcel Bertrand [1].

Le premier des points explorés par ce savant géologue est situé auprès du Beausset (Var) ; on y voit une colline de Trias qui semble émerger d'une vaste plaine de Crétacé supérieur parfaitement régulière, fait que l'on avait jusqu'alors cherché à expliquer par l'existence, dans la mer crétacée, d'un récif autour duquel seraient venus se déposer les sédiments du Secondaire supérieur. Mais il n'existe aucune trace des dépôts littoraux qui auraient dû se former dans cette hypothèse, et de plus on peut s'assurer en divers points que le Trias est *superposé* au Crétacé ; il faut donc abandonner l'idée de l'existence d'un ancien récif ainsi que la supposition, d'ailleurs fort étrange, que le Trias aurait fait une trouée à travers les couches crétacées, sans déranger leur horizontalité.

Aussi M. Bertrand a-t-il cherché une autre explication de cette apparente anomalie : pour lui le Trias du Beausset est un *lambeau de recouvrement*.

Si, en effet, la superposition directe du Trias sur le Crétacé est impossible à observer, on peut au contraire constater facilement le plissement du Crétacé, dont la coupe donne la succession suivante :

Trias

1. Calcaire à Hippurites	Série renversée
2. Banc à *Ostrea acutirostris*	
3. Couche à Turritelles	Série normale
2. Banc à *Ostrea acutirostris*	
1. Marnes et grès du Sénonien supérieur et calcaire à Hippurites	

Il résulte donc de ces faits et d'autres que nous ne pouvons rappeler ici, que le Crétacé est replié sur lui-même, puisque les mêmes couches se rencontrent en partant du bas d'abord dans l'ordre de superposition normale, puis dans l'ordre inverse, et qu'elles sont surmontées par le Trias également renversé, ses assises les plus récentes se trouvant les plus basses.

Le Crétacé et le Trias sont affectés en ce point

[1] *Bull. Soc. Géol. France*, 3e série, t. XV, p. 667, t. XVI, p. 79, 748, t. XVII, p. 234. — *C. R. Ac. Sc.*, t. CIV, p. 173, t. CVI, p. 1433, 1613, t. CVII, p. 701, 878.

par l'accident connu sous le nom de *pli couché*; le plissement, après s'être fait sentir dans un plan vertical, comme on en voit partout d'innombrables exemples, est devenu tellement énergique que le sommet du pli n'étant plus soutenu, est tombé, s'est déversé sur les couches normales qui se trouvaient à son pied; on aurait donc théoriquement trois répétitions des mêmes assises : une série renversée entre deux séries normales, mais en pratique il en est rarement ainsi, les érosions ayant souvent fait disparaître une grande partie des couches plissées, et laissé seulement quelques témoins isolés de ces curieux phénomènes. De plus il arrive fréquemment que la série renversée a disparu par étirement et l'on se trouve alors en présence de deux séries normales directement superposées.

Au moment où M. Bertrand donnait cette explication de la structure du bassin du Beausset, on ne connaissait qu'un très petit nombre d'exemples de faits de ce genre (Alpes de Glaris, Bassin houiller franco-belge, Grampians), et on les considérait comme exceptionnels. Il n'en est plus de même aujourd'hui, et les plis couchés semblent se rencontrer avec une certaine fréquence dans la plupart des régions montagneuses.

C'est ainsi que M. Bertrand lui-même, continuant ses recherches dans d'autres parties de la Provence, a découvert, dans la chaîne de la Sainte-Beaume, des phénomènes analogues mais beaucoup plus grandioses. La coupe de Saint-Zacharie à la Sainte-Beaume montre la succession la plus capricieuse et l'enchevêtrement des terrains les plus variés depuis le Crétacé supérieur et même le Tertiaire jusqu'au Trias ; les couches jurassiques, de l'Infralias à l'Oxfordien, reposent sur le Danien qui recouvre lui-même le calcaire à Hippurites. Coquand avait cru pouvoir expliquer cette disposition par une série de failles verticales, mais si l'on cherche à suivre ces prétendues failles, on voit qu'elles forment des lignes sinueuses d'une irrégularité frappante, suivant les ondulations du sol et s'arrondissant en grandes boucles allongées ou même en ellipses complètement fermées.

Il faut donc chercher une autre explication qui ne peut être donnée que par l'hypothèse d'un renversement complet du Jurassique sur le Crétacé, suivi d'affaissements et de dénudations qui n'ont permis aux lambeaux de recouvrement jurassiques de subsister que dans les points affaissés entre deux failles ; partout ailleurs ils ont été enlevés.

Les collines du Plan d'Aups et des Nans, situées de l'autre côté de la Montagne de la Lare, montrent la reproduction presque identique de la disposition constatée à Saint-Zacharie, et d'ailleurs du côté Ouest du massif de la Lare, les lambeaux de recouvrement des vallées Nord et Sud se rejoignent vers la Tête de Roussargue.

Les couches jurassiques en superposition anormale sur le Crétacé forment donc une ceinture semi-circulaire autour de la Lare, le Crétacé s'enfonçant sous le Jurassique sur une longueur de plus de vingt kilomètres. Le pli anticlinal, dont les lambeaux de recouvrement sont la partie couchée, doit, comme ceux-ci, avoir une forme semi-circulaire; c'est en effet ce que démontre l'étude attentive des faits, malgré les difficultés résultant de la présence des dépôts tertiaires discordants sur les précédents ou de ce que la partie recouvrante du pli lui-même masque l'axe anticlinal. La sinuosité des plis et des failles est d'ailleurs un fait général en Provence.

Nous ne pouvons que signaler l'existence d'autres plis couchés indiqués également par M. Bertrand, au nord d'Allauch et dans la région de Draguignan ; à l'Est de cette dernière ville, l'Infralias et les différents termes de la série jurassique, régulièrement stratifiés et presque horizontaux, surmontent et masquent en partie les couches de Rognac, c'est-à-dire le terme le plus élevé du système crétacé, sur une longueur de trente kilomètres et une largeur de quatre kilomètres. Entre les deux séries s'intercalent presque partout des lambeaux de terrain jurassique renversés.

Plus au Nord, en Savoie, le massif des Annes montre un îlot de Lias et de Trias indiscutable, entouré de toutes parts par l'Eocène, qui plonge par dessous ; ce dernier repose normalement sur le Crétacé ; puis viennent le Jurassique, le Trias et le Houiller en superposition normale. M. Maillard [1] qui vient de terminer une étude de cette région, tendrait à expliquer cette structure par l'existence d'un îlot de Lias au milieu des mers plus récentes ; mais cette manière de voir ne nous paraît pas plus acceptable ici qu'au Beausset, et nous préférons de beaucoup supposer avec M. Bertrand que le massif liasique des Annes est un lambeau de recouvrement; seulement ici les dénudations ont été tellement énergiques qu'il ne reste plus de traces du pli couché qui l'a produit.

La monographie des Hautes-Alpes vaudoises par M. Renevier [2] donne une nouvelle preuve de la grande importance des plis couchés dans la structure des Alpes ; un double pli très net se poursuit en effet à travers presque toute la région étudiée par le savant professeur de Lausanne depuis les Diablerets jusqu'à la dent de Morcles. Les magni-

[1] *Bull. Carte géol. France*, N° 6.
[2] *Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse*, 16e livraison.

fiques vues et coupes qui accompagnent cet ouvrage montrent la diversité des effets qui peuvent résulter des plissements et des renversements.

Bien que ces phénomènes ne soient pas particuliers aux Alpes, c'est surtout dans cette chaîne qu'ils ont été étudiés jusqu'à présent et les Pyrénées, d'une structure beaucoup plus simple d'ailleurs, n'en avaient pas encore présenté d'exemple. C'est seulement dans le courant de l'année dernière que nous avons fait connaître l'existence dans le département de l'Aude de superpositions anormales, qui ne peuvent être expliquées que par l'hypothèse de plis couchés en grande partie enlevés par l'érosion. Le pic de Bugarach est en effet formé à son sommet par des calcaires jurassiques et urgoniens reposant sur des marnes bleues sénoniennes (Crétacé supérieur).

L'examen des terrains environnants nous a convaincu que le massif de Bugarach était un lambeau de recouvrement, sommet d'un pli couché dont la base est située dans la chaîne de Saint-Antoine.

V

L'on rencontre à plusieurs niveaux de la série sédimentaire, et particulièrement dans le Gault, des rognons de phosphate de chaux dont l'origine et le mode de formation semblaient assez difficiles à expliquer. Or, les draguages du *Challenger*, qui ont amené un si grand nombre de découvertes intéressantes, ont fait connaître l'existence de nodules semblables dans les mers actuelles, et spécialement au large du cap de Bonne-Espérance et en haute mer entre l'Afrique et l'île Marion.

M. Renard, de Bruxelles [1], chargé de leur étude, donne d'abord quelques indications sur les stations où ils ont été recueillis; les deux premières sont à peu près dans les mêmes conditions : le fond est constitué par un sable vert, et la profondeur est de 98 brasses dans l'une, de 150 dans l'autre; quant à la troisième, elle a présenté un fond de vase à globigérines à 1,900 brasses.

Malgré la différence du gisement, les nodules des trois stations se ressemblent : ils ont généralement de 1 à 2 centimètres dans leur plus grand diamètre et atteignent exceptionnellement 4 centimètres. Leur surface est irrégulière et elle est recouverte d'un enduit brunâtre, légèrement luisant, de manganèse et de fer; la cassure montre la structure en agrégat, et l'on reconnaît alors que les irrégularités de la surface sont en relation avec les fragments hétérogènes d'organismes cimentés par le phosphate. La teneur en acide phosphorique a été trouvée de 19.96 % dans un cas, de 23.54 % dans un autre; quant à la composition de la masse du nodule, elle est la même que celle du fond, mais agglutinée et durcie par le phosphate de chaux.

M. Renard recherche ensuite quel peut être le mode de formation de ces nodules, et il arrive à cette conclusion que l'origine immédiate du phosphate réside dans la décomposition par l'eau de mer des débris organiques et principalement des restes de vertébrés; ceux-ci abandonnent à l'eau du phosphate de chaux à l'état colloïdal, qui partage avec quelques autres substances pouvant prendre ce même état, la propriété de se concrétionner en rognons autour de centres d'attraction.

Les coupes minces de ces nodules, surtout de ceux de la vase à globigérines, semblent montrer que le phosphate colloïde, faiblement retenu en solution dans l'eau, recherche tout d'abord la matière organique colloïde qu'il trouve dans le sarcode des globigérines et des autres foraminifères. C'est à l'intérieur de ces organismes que le phosphate pénètre, qu'il se concrétionne; il semble en remplir les vides avant de se déposer autour d'eux et de les agglutiner.

Les rapports qui unissent les sédiments rencontrés au large du cap de Bonne-Espérance, sables verts et vase à globigérines, avec certaines couches géologiques et spécialement le Crétacé, souvent formé de sables et grès verts, de craies glauconieuses ou pures, avec nodules phosphatés, sont de la dernière évidence; aussi peut-on tirer de l'étude de M. A. Renard quelques conséquences importantes pour la connaissance des diverses couches à phosphate.

La première est que la présence de nodules phosphatés n'indique pas que les sédiments qui les contiennent se sont formés à une profondeur déterminée, puisque les draguages les ont fait reconnaître à la fois dans la zone littérale et aux confins de la zone pélagique.

Une deuxième conséquence est qu'il faut abandonner l'idée, assez souvent soutenue, que tous les nodules phosphatés sont des éléments roulés, provenant de la dénudation d'assises sous-jacentes.

VI

Après avoir, dans de précédents ouvrages, traité des enchaînements du monde animal pendant les temps tertiaires et primaires, M. A. Gaudry, le savant professeur du Muséum, s'est occupé cette année des fossiles secondaires [1].

[1] Analyse par A. Rutot (*P. v. Soc. belge Géol. Hydrol.*, t. III, p. 506).

[1] *Les enchaînements du monde animal dans les temps géologiques : fossiles secondaires.* Paris, 1890.

Quoique d'une durée beaucoup moins longue que l'ère primaire, l'ère secondaire présente au point de vue paléontologique un intérêt particulier; tandis en effet qu'elle nous montre une bien plus grande diversité de formes que les périodes précédentes, elle offre des types beaucoup plus différents de ceux qui vivent actuellement, que les êtres tertiaires.

Les foraminifères sont abondants dans les terrains secondaires; mais l'étude de ces petits êtres, déjà très difficile pour les vivants, est rendue presque impossible pour les fossiles, par leur état de conservation souvent défectueux; aussi a-t-elle donné jusqu'à ce jour peu de résultats. On peut affirmer pourtant que rien n'indique un perfectionnement dans cet ordre depuis les temps secondaires.

Une remarque analogue peut être faite pour les deux premières classes des Cœlentérés, les Spongiaires et les Hydromédusaires; quant aux Coralliaires, il semblent devenir de moins en moins calcaires, en partant des Rugueux des temps primaires, pour passer aux Astréides de l'époque oolithique, puis aux Fungides (Cyclolites) du Crétacé, aux Turbinolides du Crétacé et du Tertiaire enfin au groupe des Perforés des temps tertiaires et actuels.

Parmi les Echinodermes, les Crinoïdes, perdant la merveilleuse diversité de formes qu'ils avaient pendant l'ère primaire, se rapprochent déjà beaucoup de ceux qui vivent de nos jours. Les Stellérides ne présentent que peu d'intérêt. Quant aux Echinides, ils sont d'une abondance prodigieuse dans le Jurassique et le Crétacé; c'est l'époque de leur maximum de développement.

Les Mollusques semblent aussi à leur apogée. Parmi les Bivalves, quelques types ont à peine varié; c'est ainsi que les Huîtres, les Moules, les Trigonies des terrains secondaires diffèrent fort peu de leurs congénères vivants; au contraire, les Rudistes semblent avoir complètement disparu et être spéciaux aux temps secondaires, mais ils ne sont pas aussi éloignés des bivalves actuels qu'on pourrait le croire au premier abord. M. Douvillé a montré en effet que *Matheronia* et *Toucasia* de l'Urgonien étaient très voisins des *Chama* tertiaires et actuelles, tout en se reliant par une série de formes aux différents groupes des Rudistes.

Les Gastropodes montrent un perfectionnement continu; quant aux Céphalopodes, ils prennent un immense développement, et sont représentés par des groupes entiers disparus maintenant, tels que les Ammonites et les Bélemnites. Il est remarquable de voir deux genres voisins comme *Nautilus* et *Ammonites* se comporter d'une manière si différente; tandis que le premier a persisté presque sans modification depuis l'ère primaire jusqu'à nos jours, les Ammonites au contraire ont eu une durée beaucoup plus courte, mais se sont épanouis avec une extrême intensité.

Parmi les Articulés, les Brachiopodes sont extrêmement nombreux comme individus, mais non comme espèces; certaines familles qui ont joué un grand rôle pendant les temps primaires diminuent rapidement d'importance et disparaissent bientôt complètement; tels sont les Spiriféridés, Orthisidés, Productidés.

Les Crustacés sont très peu connus; quant aux Insectes, ils appartiennent aux ordres actuels, tandis que ceux du Primaire sont rapportés à un ordre spécial très différent; il y a pour cette classe un perfectionnement évident.

Les différents groupes des Poissons existent dans les terrains secondaires : les Cartilagineux sont très voisins des espèces actuelles, les Dipnoés montrent encore aujourd'hui le même genre *Ceratodus* qui vivait à l'époque du Carbonifère et du Trias. Quant aux osseux, ils sont, au début du Secondaire, représentés uniquement par des Ganoïdes, à écailles épaisses, osseuses, revêtues d'émail brillant, puis apparaît à l'époque oolithique le genre intermédiaire *Leptolepis*; enfin à la partie supérieure du Crétacé, la transformation est accomplie, les Téléostéens à écailles minces dominent décidément. L'ossification du squelette a marché de pair avec la modification des écailles.

Les Reptiles ont une importance considérable; il suffit de citer les Labyrinthodontes, les Thériodontes, les Ichthyosauriens, les Plésiosauriens, les Simosauriens, les Mosasauriens, les Dinosauriens, les Pterosauriens pour rappeler l'étonnant développement de ces animaux à l'époque qui nous occupe.

Il est surtout curieux de voir les modifications des membres ordinairement destinés à la marche, dans les groupes nageurs (Simosauriens, Plésiosauriens, Ichthyosauriens) ou volants (Pterosauriens); il semble que l'ancêtre des Reptiles nageurs ne doive pas être cherché parmi les Poissons, mais au contraire parmi les Reptiles marcheurs. Quant aux Pterosauriens, ils constituent jusqu'à présent un groupe isolé, qui ne peut être rattaché ni aux Oiseaux, ni aux Chauve-souris, bien qu'ayant avec eux certaines ressemblances d'adaptation.

Outre ces Reptiles si différents de ceux qui nous entourent, il existe également dans le Secondaire des Tortues, des Lacertiens et des Crocodiliens, très rapprochés des animaux qui vivent actuellement; nous ne connaissons rien sur leur origine.

Les Oiseaux recueillis jusqu'à présent sont fort peu nombreux, mais très intéressants. L'*Archeop-*

teryx lithographica, trouvé dans le calcaire lithographique de Bavière, présente des caractères qui ne peuvent être comparés qu'à ce qui se voit actuellement chez quelques Oiseaux très jeunes, notamment chez l'Autruche.

L'allongement de la queue, ses vertèbres qui diminuent progressivement, les pattes de devant avec des métacarpiens distincts et des doigts munis de griffes, la brièveté du sacrum, la petitesse du bassin, la séparation de l'ilion, du pubis et de l'ischion, l'existence de dents sont des caractères qui rapprochent l'*Archeopteryx* des Reptiles et l'éloignent des Oiseaux. C'est pourtant à cette dernière classe qu'il doit certainement être rapporté.

On a trouvé dans le Crétacé supérieur d'Amérique des Oiseaux ayant des dents, logées soit dans des alvéoles (*Ichthyornis*), soit dans une gouttière (*Hesperornis*).

Il est remarquable que ces Oiseaux se trouvent précisément accompagnés de Reptiles sans dents (*Pterosauriens*).

Les Mammifères sont très peu nombreux ; on connaît le *Microlestes* du Rhétien, le *Phascolotherium* et l'*Amphitherium* du Bathonien, puis quelques espèces du Purbeck, entre autres le *Plagiaulax*, qui semble descendre du *Microlestes* et se continuer dans le Tertiaire par le *Neoplagiaulax;* on en cite encore quelques-uns d'Amérique.

Ils étaient tous de très petite taille, ce qui est rendu encore plus frappant par le développement prodigieux des Reptiles de la même époque; c'est évidemment un groupe qui débute et pourtant on trouve déjà des types de dentition bien différenciés; chez les uns, les molaires sont coupantes et perçantes; chez d'autres, elles sont destinées à broyer; chez d'autres enfin, à raper.

Owen pensait que tous les Mammifères secondaires étaient marsupiaux; bien que cette opinion ait été combattue depuis, M. Gaudry la croit fondée : tous les premiers Mammifères étaient des marsupiaux, dont les uns ont donné naissance aux placentaires actuels, tandis que les autres ont gardé intacts jusqu'à nos jours leurs caractères primitifs.

Nous voyons donc que certains types ont à peine changé, ont assisté impassibles aux diverses révolutions; ce sont les types permanents ou panchroniques.

D'autres se sont légèrement modifiés et sont ensuite revenus à leur point de départ; ils méritent le nom de types élastiques.

La plupart ont continué leur marche sans rétrograder, se développant peu à peu; à mesure qu'ils avançaient dans les temps géologiques, quelques-uns ont pris une direction parallèle ; quelques autres, éloignés d'abord, se sont peu à peu rapprochés, mais sans doute la plupart ont eu des caractères différentiels de plus en plus accentués; on peut ainsi les classer en types parallèles, convergents et divergents.

On peut généralement distinguer trois phases dans l'histoire des divers types : une phase ascendante, la phase de leur apogée, une phase descendante. Un type est à son apogée, lorsque les êtres qui le représentent atteignent la plus grande taille, ont le plus de complications, sont devenus plus abondants, et surtout quand ils offrent en grand nombre ces variations appelées genres et espèces.

Beaucoup de groupes ont eu leur apogée pendant les temps secondaires; ce sont : les Madréporaires apores, les Oursins, les Rudistes, les Ammonitidés, les Bélemnitidés, les Poissons semi-ganoïdes, les Cestraciontes et Hybodontes, les Labyrinthodontes, les Thériodontes, les Enaliosauriens, les Mosasauriens, les Téléosauriens, les Dinosauriens, les Ptérosauriens, les Odontornithes.

Il est curieux de voir que souvent un groupe disparaît en pleine force, à son apogée; tels les Bélemnites, les Ammonites et surtout les Rudistes.

Si, en terminant cette étude, l'on cherche à se rendre compte des rapports des différents êtres, des enchaînements du monde animal, pour employer le titre même du livre que nous résumons, on voit qu'il y a eu des transitions d'espèce à espèce, de genre à genre, de famille à famille, même d'ordre à ordre ; mais il ne semble pas qu'il y ait eu de passage d'une classe à l'autre. Certes les Thériodontes, les Ichthyosaures, les Ptérodactyles ont diminué l'intervalle qui semblait exister entre les Reptiles et les Mammifères, mais ils ne l'ont pas comblé entièrement.

L'indice le plus frappant de rapprochement entre des classes aujourd'hui distinctes est fourni par les Dinosauriens, qui ont de grands rapports avec les Oiseaux; toutefois les différences sont encore telles que l'on ne peut pas dire que les Oiseaux ont passé par l'état de Dinosauriens; tout au plus est-on autorisé à supposer que ces deux groupes ont eu, à une époque reculée, une origine commune.

L. Carez,
Docteur ès sciences.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Lyon (I.). — **Sur les courbes à torsion constante.** — *Thèse de Doctorat présentée à la Faculté des Sciences de Paris. Juillet* 1890.

Si l'on prend sur une courbe gauche deux points m et m', séparés par une longueur d'arc s, et si l'on désigne par α l'angle des deux plans osculateurs en m et m', le quotient $\alpha : s$ tend en général vers une limite, quand m' se rapproche indéfiniment de m. Cette limite a reçu des géomètres le nom de *torsion* au point m et son inverse a reçu le nom de *rayon de torsion*.

La torsion s'appelle aussi la seconde courbure, la première s'obtenant par le procédé qui vient d'être rappelé, mais où l'angle des tangentes remplace celui des plans osculateurs.

D'un point à un autre d'une courbe la torsion change en général; elle ne reste constante que pour une classe particulière de courbes, auxquelles le travail de M. Lyon est exclusivement consacré.

La constance de la torsion laisse évidemment subsister, non seulement dans la position de la courbe, ce qui est indifférent, mais aussi dans la forme, une assez grande indétermination. Ainsi, par exemple, une torsion constante nulle indique une courbe plane, qui d'ailleurs reste quelconque. La courbe à torsion constante la plus connue est l'hélice ordinaire, laquelle a du reste ses deux courbures constantes.

Dans le problème abordé par M. Lyon le point important était d'établir des formules, où l'indétermination inhérente au problème fut ramenée à l'arbitraire purement algébrique dans le choix de certaines relations entre plusieurs quantités, ces dernières figurant d'ailleurs dans les formules d'une façon connue.

C'est ce que fait l'auteur. Partant de formules connues, il représente les trois coordonnées rectangulaires d'un point courant sur une courbe à torsion constante par des intégrales; sous le signe $\int$ figurent des expressions différentielles rationnelles, que M. Lyon donne explicitement, de deux paramètres u et u_1. Les diverses courbes à torsion constante diffèrent les unes des autres par la nature de la relation arbitraire, qui lie u_1 à u, ou, ce qui revient au même, de la relation qui lie u et u_1 à un même paramètre t. Les intégrales en question sont en général imaginaires, et diverses précautions analytiques spéciales sont à prendre pour obtenir des courbes réelles.

M. Lyon applique ses formules à la recherche des courbes à torsion constante unicursales (celles où les trois coordonnées sont des fonctions rationnelles d'un même paramètre) et est amené à la question suivante: quand une différentielle rationnelle s'intègre-t-elle rationnellement? Il est bien connu du reste que si l'intégrale est algébrique, elle est aussi rationnelle.

L'auteur cite rapidement, pour mémoire, une première solution de la question, solution élémentaire, mais impraticable en réalité. Il expose ensuite, avec les développements que le sujet comporte, une seconde méthode, laquelle au fond n'est autre que le procédé bien connu en algèbre sous le nom de « méthode des coefficients indéterminés ». Les calculs sont longs, mais parfaitement réalisables, car on n'a jamais affaire qu'à des équations du premier degré, faciles à traiter grâce aux déterminants.

M. Lyon applique son procédé à la construction effective des courbes à torsion constante unicursales et réelles les plus simples. Il trouve notamment une courbe gauche du troisième degré, dont les trois coordonnées du point courant sont des fonctions rationnelles de l'arc. Cette courbe partage avec l'hélice ordinaire le privilège d'avoir ses deux courbures constantes.

Depuis ces dernières années, la Faculté des Sciences de Paris a eu fréquemment à examiner des thèses, telles que celles d'Halphen, de MM. Poincaré, Humbert, Painlevé, etc., qui étaient des travaux considérables, par l'originalité des résultats et des méthodes, par la connaissance approfondie des théories les plus délicates et les plus nouvelles de la Science. C'était plus que des thèses. Il serait donc souverainement injuste de reprocher à M. Lyon de n'en avoir pas fait autant. Il a subi à son honneur l'épreuve qui couronne l'éducation d'un mathématicien; il a su développer d'une façon intéressante et heureuse des théories classiques; il a fait à tous les points de vue une excellente *thèse*. Ajoutons que la lecture du mémoire est rendue particulièrement attrayante par une grande élégance dans les notations et les calculs.

Léon Autonne.

Witz (Aimé), *Ingénieur des Arts et Manufactures.* — **Etude théorique et expérimentale sur les machines à vapeur à détentes successives.** *Société Industrielle du Nord de la France, Lille*, 1890.

L'étude très instructive que M. Aimé Witz vient de publier sur les machines à vapeur à détentes successives peut être résumée comme il suit :

Si les machines étaient parfaites, elles auraient une détente complète, c'est-à-dire que la pression de la vapeur, à la fin de la course, serait, à fort peu de chose près, celle du condenseur. En réalité, dans les machines monocylindriques, la détente est limitée; pour chacune d'elles, il y a une limite d'expansion au delà de laquelle le rendement diminuerait si l'on voulait augmenter cette expansion.

L'explication de ce fait est très simple. A l'introduction, la vapeur rencontre les parois du piston et du cylindre refroidies par la communication avec le condenseur. Il se fait une condensation sur ces parois, donc l'humidité augmente encore au contact de la vapeur pendant la détente, à cause de la condensation partielle qui accompagne cette détente. A l'échappement, cette eau, condensée sur la paroi, se vaporise et entraîne au condenseur une grande quantité de chaleur empruntée aux parois du cylindre et du piston. A chaque course, ces phénomènes se reproduisent. C'est ce que Hirn désigne sous le nom expressif de *refroidissement au condenseur*. Une détente au $\frac{1}{10}$ est, en définitive, un grand maximum, qu'il ne faut pas dépasser dans les machines monocylindriques.

Un des moyens qui permettent de prolonger la détente consiste dans l'emploi de plusieurs cylindres où la vapeur se détend successivement. L'effet nuisible des parois et la perte finale au condenseur sont considérablement diminués, malgré la plus grande étendue des parois, parce que, dans chaque cylindre, la chute de température est diminuée. Par des dispositions et un réchauffage convenable des réservoirs intermédiaires, les effets de la chute de pression d'un réservoir à l'autre sont insignifiants. Il arrive même que l'on constate, en superposant les diagrammes respectifs des cylindres, que la courbe de contre-pression de l'un chevauche la courbe d'admission du suivant. Dans les machines à multiples expansions, le couple moteur est plus régulier et les fuites du piston sont bien moins

considérables que dans les autres. La complication apparente des machines à détentes successives peut faire craindre *à priori* que leur rendement mécanique soit moins bon que celui des machines monocylindriques. Il n'en est rien, et il faut remarquer, en outre, que si l'on faisait marcher une machine monocylindrique avec une admission de 0,04 à 0,05, comparable aux admissions dans les machines à détentes successives, son rendement mécanique baisserait considérablement. Une Corliss, mise en expérience au Creusot, avait un rendement mécanique de 0,82 avec une admission de 0,118 et un rendement de 0,67 avec une admission de 0,044. D'après des expériences de M. Walther-Meunier, chaque cylindre en plus d'un donnant une perte de rendement mécanique égale à environ 3 0/0, une machine à triple expansion aurait un rendement inférieur de 6 0/0 à celui d'une bonne machine monocylindrique, mais elle produit une économie thermique de 20 à 25 0/0. Un seul point de cette étude comparative laisse des doutes : le graissage est incontestablement plus coûteux pour trois cylindres et leurs tiroirs que le graissage d'un cylindre et de son tiroir; mais les expériences manquent pour une comparaison des dépenses.

M. Witz cite, dans son très intéressant travail, les nombreuses expériences de Hirn, Weyher et Richemond, Lœring et Emery, Walther-Meunier de Mulhouse, Schneider du Creusot, Widmann, ingénieur de la marine, Demoulin, Sulzer de Winterthur, Schröter et d'autres. Ces expériences prouvent que, par cheval-heure indiqué, une machine monocylindrique dépense environ 8 k. 60 de vapeur, une machine compound, 8 k.20, une machine à triple expansion, 6 k.

Woolf et Edward, les premiers, firent des machines à deux cylindres accolés; ces machines, à balancier, se faisaient remarquer par une grande régularité de marche. Plus tard vint la disposition de deux cylindres en « tandem » applicable aux machines pilon. Les machines compounds, avec réservoir intermédiaire de 6 à 8 fois le volume du petit cylindre, ont l'avantage de rendre les pistons indépendants et de permettre de les relier à des manivelles à 90°. Dès 1860, Dupuy de Lôme appliqua à la marine les machines à deux cylindres, et dès 1863, il appliqua les machines à trois cylindres. Ce sont les Anglais qui ont le plus répandu les triples et quadruples expansions et les combinaisons qui permettent le fonctionnement des machines, soit en compound simple, soit en triple ou quadruple expansion, suivant les allures que doit prendre le navire où elles sont installées.

En définitive, les constructeurs et les ingénieurs de la marine ont réalisé un grand progrès des machines à vapeur en pratiquant les grandes détentes dans des cylindres multiples, et les constructeurs de machines fixes auront beaucoup à gagner en profitant de leurs travaux.

Al. Gouilly.

2° Sciences physiques.

Meldola. (Raphaël) **The Photographic Image.** *Lecture faite à l'Institution Royale de Londres le vendredi soir, 16 mai* 1890.

Dans une courte conférence, le Professeur Meldola expose brièvement l'histoire, les débuts et les progrès de la Photographie dont nous célébrions l'année dernière le cinquantenaire.

Au point de vue historique, il relate, d'après le Dr Eder, mais seulement à titre de mention, le nom de J. H. Schultze qui fit en 1727 des expériences sur la phosphorescence et signala l'intérêt qu'il y avait dans l'altérabilité de certains composés d'argent : il aurait même obtenu ainsi des espèces de lettres et de dessins, copies temporaires du reste et non fixées ; puis après des recherches analogues de Wedgwood et de Davy, le conférencier arrive aux noms des deux véritables inventeurs de la Photographie, Nicéphore Niepce et Daguerre (1824-1826). Il revendique ensuite pour deux Anglais, Fox Talbot et Herschell, une partie de la gloire qui échoit à nos deux compatriotes, puisque les travaux de Talbot et d'Herschell ne datent que de 1834. Il passe ensuite à l'exposé sommaire des différents procédés qui ont été successivement employés : épreuves sur plaques d'argent, apparition du collodion, premiers procédés à l'énulsion, et enfin gélatino-bromure, le dernier mot, aujourd'hui, de la science photographique.

Le professeur Meldola examine après cela la nature du phénomène de l'impression photographique et de la valeur de l'image, et discute les différentes explications qu'on en a données, entre autres celle de M. Carey Lea ; il conclut en disant que la question est encore fort obscure et offre aux travaux des chimistes un magnifique champ d'observations et d'étude.

Cette conférence, intéressante par la nature même de son sujet, était forcément limitée comme étendue, vu la forme de causerie qui lui était imposée. Il y aurait un grand intérêt à rappeler les tentatives, dont plusieurs ont été couronnés de succès, faites en vue de rendre vraies les impressions photographiques, et à faire venir en valeurs proportionnelles à leur éclat respectif, les rouges, les jaunes et les verts des objets naturels ; pourquoi n'est-il pas fait mention du remarquable procédé imaginé dans ce but par M. le Professeur Lippmann et présenté à l'Académie des Sciences en 1889 ? L'exposition successive à travers trois glaces l'une rouge, la seconde verte, la troisième bleue, est un moyen si simple et si facile à mettre en pratique qu'il eût été intéressant de l'indiquer aux amateurs et aux praticiens. Nous en entretiendrons quelque jour les lecteurs de la *Revue*.

Alphonse Berget.

D'Arsonval (A.). — **Sur un spectrophotomètre différentiel sans polarisation.** (*Archives de Physiologie normale et pathologique*, 1890, *p.* 111).

Pour comparer entre eux deux faisceaux lumineux provenant soit de deux sources différentes, soit d'une même source, mais alors ayant subi des modifications différentes, par exemple ayant traversé des milieux absorbants différents, le seul procédé photométrique rigoureux consiste à décomposer d'abord ces deux faisceaux dans le même spectroscope; on obtient ainsi deux spectres distincts, et c'est sur les mêmes radiations simples, prises successivement dans les différentes régions du spectre que porte l'étude photométrique proprement dite. Pour comparer les intensités respectives de deux radiations, on affaiblit progressivement l'une d'elles dans des rapports connus, jusqu'à réaliser l'égalité d'éclat dans la région du spectre considérée. Le procédé le plus précis consiste à recourir aux phénomènes de polarisation. Les spectrophotomètres à polarisation donnent d'excellents résultats entre les mains des physiciens. L'inconvénient qu'ils présentent est d'exiger des sources lumineuses assez intenses, d'être compliqués, coûteux, et d'un réglage un peu délicat. Leur emploi n'est donc guère susceptible de se vulgariser. Cependant les physiologistes ont souvent besoin de recourir à des mesures spectrophotométriques. La mesure de l'affaiblissement de certaines radiations simples après le passage d'un faisceau lumineux à travers une cuve d'absorption permet souvent en effet non seulement de caractériser une substance, mais encore de la doser rigoureusement, même dans un mélange avec d'autres substances absorbantes.

M. d'Arsonval s'est proposé de doter les physiologistes d'un instrument d'un maniement simple, susceptible de s'adapter à un spectroscope ordinaire et donnant par une lecture directe la différence d'éclat cherchée. Les deux faisceaux lumineux pénètrent dans cet appareil par deux lentilles achromatiques identiques, dont les axes sont parallèles, et qui fournissent, pour la même ouverture, des images de même éclat. Ils sont reçus

sur deux de ces parallélipipèdes à réflexion totale qu'on emploie en optique concurremment avec les bilames, soit pour dédoubler un faisceau lumineux, soit au contraire, comme c'est le cas ici, pour ramener au contact deux faisceaux distincts. Chacun des deux faisceaux tombe alors sur une moitié de la fente du spectroscope. Le dispositif qui permet de faire varier à volonté leur intensité est un double diaphragme mobile situé derrière les lentilles. Il est mû par un bouton à crémaillère portant une échelle graduée, et permet de couvrir l'un des objectifs et de découvrir en même temps le second de quantités égales; le mode de déplacement est tel que les centres des diaphragmes sont toujours sur l'axe des lentilles. L'échelle graduée donne immédiatement le rapport des surfaces d'ouverture des diaphragmes, et ce rapport est précisément celui des quantités de lumière qui arrivent sur les deux moitiés de la fente du spectroscope.

M. d'Arsonval a constaté qu'on obtient couramment une précision atteignant le centième pour la mesure des pouvoirs absorbants des liquides colorés, et en particulier pour l'hémoglobine.

Edgard Haudié.

Kronberg. — La méthylsaccharine, nouvelle matière sucrée. — *Die deutsche Zuckerindustrie, XIV*, 1190-1192.

La méthylsaccharine de M. Kronberg constitue, comme son nom l'indique, le dérivé méthylé de la saccharine de Fahlberg et List. Sa formule est donc $C^6H^3(CH^3)_{(1)}(SO^2)_{(3)}(CO)_{(4)}AzH$. La préparation de la méthylsaccharine est assez semblable à celle de son homologue inférieur, la saccharine. Le toluène $C^6H^5-CH^3$, traité par l'acide nitrique, puis réduit par l'hydrogène est transformé en paratoluidine $C^6H^3(CH^3)_{(1)}(AzH^2)_{(4)}$; ce corps, chauffé longtemps avec l'acide sulfurique concentré, donne l'acide paratoluidinemétasulfonique $C^6H^3(CH^3)_{(1)}-SO^2-OH_{(3)}(AzH^2)_{(4)}$ qu'on transforme par le nitrite de soude et l'acide sulfurique en dérivé diazoïque $C^6H^3(CH^3)_{(1)}-SO^2-OH_{(3)}(Az=Az-SO^3H)_{(4)}$. Soumis à l'action prolongée du cyanure de cuivre et du cyanure de potassium, ce dérivé donne le sel de potassium de l'acide cyano-toluène-sulfonique $C^6H^3(CH^3)_{(1)}-SO^2-OK_{(3)}$. Pendant cette réaction, le groupe $CAz_{(4)}$ $Az=Az$ est éliminé sous forme d'azote libre. Le cyanotoluène-sulfite de potassium, cristallisé en longues aiguilles jaunes et brillantes, traité par le perchlorure de phosphore PCl^5, donne de fines paillettes blanches du corps $C^6H^3(CH^3)_{(1)}-SO^2-Cl_{(3)}(CAz)_{(4)}$ que l'ammoniaque à 20 % transforme en l'amide correspondante $C^6H^3(CH^3)_{(1)}-SO^2-AzH^2_{(3)}(CAz)_{(4)}$. Enfin ce dernier produit, bouilli avec la lessive de soude, s'hydrate et remplace son groupe cyanogène par un carboxyle. La méthylsaccharine $C^6H^3(CH^3)_{(1)}-SO^2_{(3)}(CO)_{(4)}AzH$ se dépose alors sous forme d'une poudre blanche fondant à 246°.

Le groupe commun à la saccharine et à son dérivé méthylé et qui semble leur donner cet énorme pouvoir sucrant, c'est le groupe $SO^2_{(3)}CO_{(4)}AzH$. M. Kronberg croit qu'en produisant les divers homologues supérieurs de la saccharine, la chimie pourra ainsi réaliser la synthèse de séries de substances très sucrées dont la variété rivalisera avec celle des matières colorantes du goudron

A. Hébert.

Conférences faites au laboratoire de M. Friedel. — *Un vol. in-8° de 141 pages, publié par l'Association amicale des élèves et anciens élèves de la Faculté des sciences. Georges Carré, éditeur, 58, rue Saint-André-des-Arts, Paris.*

L'Association, fondée en mars 1886, a pris l'initiative de la publication des Cours et Conférences de la Sorbonne. M. Friedel a, comme son prédécesseur, M. Wurtz, institué à son laboratoire des conférences dans lesquelles ses élèves ou des savants de bonne volonté viennent exposer leurs découvertes ou résumer les travaux les plus récents sur des points particuliers de la chimie.

Les premières conférences ont été faites par MM. Cloëz, Colson, A. Combes, Ch. Combes, Demarçay, Dubois, H. Gautier, Grimaux, Hanriot, Moissan, Roques; elles n'ont pas été publiées.

Ce premier fascicule comprend celles de MM. Bouveault, *Sur les composés à chaîne fermée dont le noyau contient plusieurs atomes d'azote;* Maquenne, *Sur les oxyquinones benzéniques;* Arnaud, *Sur les alcaloïdes des quinquinas;* Béhal, *Relation entre deux groupements fonctionnels dans la même molécule*; Saint-Pierre, *Furfurane, Pyrone et leurs dérivés;* Fauconnier, *Sur les anneaux polyméthyléniques;* Etard, *Sur la solubilité des sels.*

C. Naud.

3° Sciences naturelles.

Delpino (F.) — **Singolare fenomeno d'irritabilità nelle specie di Lactuca.** *Malpighia* 1890.

Les nombreux travaux de M. Delpino sur les relations entre les plantes et les insectes qui fréquentent leurs fleurs sont bien connus. Ce savant vient de faire sur ce sujet une nouvelle observation qui n'est pas sans intérêt. Il admet que le latex des Euphorbiacées, Apocynées, etc., a pour effet de protéger ces plantes contre la morsure des insectes, car une lésion produite par leurs mandibules sur un organe riche en laticifères, aurait immédiatement pour effet de faire jaillir du latex qui agglutinerait et empâterait leurs organes buccaux. La présence fréquente dans le latex de poisons et de substances narcotiques, confirmerait cette interprétation du rôle de l'appareil laticifère.

Or, M. Delpino a observé sur la Laitue vireuse (*Lactuca virosa*), que si pendant les journées chaudes de l'été, au moment de la floraison, et alors que les tissus sont très tendres, l'on touche avec un corps dur quelconque, et même très légèrement l'épiderme des bractées ou des bractéoles de l'involucre, une gouttelette de latex jaillit immédiatement au dehors. L'expérience réussit également même avec un poil très fin, et cependant l'observation au microscope ne montre aucune lésion dans les tissus. Ce serait donc l'irritabilité des cellules qui d'après l'auteur aurait entraîné une rupture dans un vaisseau laticifère, et la gouttelette de latex aurait probablement jailli par un stomate.

Ce phénomène, qui peut s'observer aussi sur le *Lactuca sativa* et le *L. saligna*, mais à un degré moindre, aurait pour résultat d'éloigner les insectes de ces plantes, et en effet l'auteur n'a jamais observé sur leurs fleurs ni sur leurs inflorescences, d'insectes à mandibules. Le frôlement des pattes des Aphidiens, des

Mouches, etc., suffirait même à provoquer l'émission du latex qui empâterait leurs pattes et arrêterait leur marche.

C. Sauvageau.

Certes (A.). — **Mission scientifique du cap Horn, 1882-1883. Protozoaires.** *Paris, in-4° de 53 p. avec 6 pl.*, 1890.

Pendant son séjour au cap Horn, M. le Dr Hyades, l'habile directeur de la mission scientifique, a eu soin de recueillir des échantillons d'eau douce ou salée, ainsi que des sédiments ; il recueillit aussi de la vase provenant des sondages effectués à de grandes profondeurs pendant le voyage de retour. Des herbes sèches furent également rapportées dans des boîtes plombées. Ces matériaux divers, recueillis et conservés avec les précautions indispensables pour en assurer la pureté, furent confiés à M. Certes, qui les étudia par différentes méthodes, notamment au moyen de cultures au sein de bouillons stérilisés. Le savant micrographe vit ainsi se développer divers Protozoaires dont les germes desséchés et tombés en vie latente s'étaient conservés dans la vase ou sur les herbes.

Aucun Infusoire n'apparut dans les cultures faites avec la vase des eaux douces, mais il se montra des Flagellés appartenant à des espèces connues déjà : *Phacotus lenticularis* Ehrbg, *Oikomonas mutabilis* Sav. Kent, *Euglena spirogyra* Ehrbg ; ces mêmes cultures renfermaient des Bactéries banales, comme *Bacillus subtilis*, *B. amylobacter*, etc. Les cultures de foin donnèrent un Holotriche, *Colpoda Steini* Maupas et des Flagellés : *Heteromita lens* Müller, *Heteronema caudatum* Duj., divers *Cenomonas* et *Diplomastix*. L'examen des échantillons d'eau de mer donna un Flagellé, *Chlamydomonas pulvisculus* Ehrbg, et un Infusoire, *Euplotes harpa* ; d'autres Infusoires, des genres *Cothurnia* et *Vaginicola*, furent également rencontrés sur des Algues et sur des Bryozoaires.

Les Rhizopodes sont fort nombreux dans les eaux douces de la Terre de feu ; M. Certes en a rencontré un assez grand nombre, mais appartenant tous à des genres déjà connus ; un petit nombre d'espèces étaient nouvelles. Citons, parmi ces dernières, *Nebela Martiali*, N. *Vas*, N. *Fabrei*, *Trinema Sauvineti*, *Tr. constrictum*, *Centropyxis Magdalenæ*, qui sont toutes figurées.

Les sédiments sous-marins ont donné un très grand nombre de Radiolaires, connus déjà pour la plupart. *Hymeniastrum Hyadesi*, *Spongocore Castracanei*, *Phormobotrys Folini*, *Challengeron Edwardsi* sont nouveaux.

Le travail de M. Certes constitue donc une intéressante contribution à la connaissance des Protozoaires qui vivent dans les régions australes. Il nous donne notamment un nouvel exemple de la vaste répartition géographique des Protozoaires, dont un nombre immense d'espèces semblent être répandues à la surface entière du globe.

Dr Raphaël Blanchard.

Testut (L.) — **Recherches anthropologiques sur le squelette quaternaire de Chancelade** (*Dordogne*), *Lyon*, 1889, *in-8°, avec 14 planches.* (*Extr. du* Bulletin de la Soc. d'anthropologie de Lyon, t. VIII.)

Avec son talent habituel, M. Testut nous donne dans cet excellent travail la description d'un squelette quaternaire trouvé dans la station de Reymonden, commune de Chancelade, à 7 kilomètres nord-ouest de Périgueux. Cette étude pourrait servir comme modèle d'une description complète, détaillée, exacte et suivie de conclusions précises, sobres, basées uniquement sur les faits constatés.

Les fouilles ont été faites à Reymonden par M. Hardy, qui les a résumées dans une note à l'Académie des Sciences (1). Au milieu d'une faune quaternaire on y a recueilli une foule de lames en silex et de pièces ouvrées en os et en bois de renne du type de l'époque de la Madeleine. Le squelette en question se trouvait tout à fait à la base du gisement, à 1m64 de profondeur, dans un foyer sablonneux reposant directement sur le roc au milieu duquel on remarquait une veinule colorée en rouge par du peroxyde de fer. La position accroupie dans laquelle on a trouvé le squelette ne paraît pas naturelle, et rappelle celle des momies péruviennes. Outre le crâne, on a pu recueillir en bon état de conservation plusieurs os des membres et du tronc.

Il résulte de la longue étude descriptive et raisonnée à laquelle s'est livré M. Testut sur ce squelette, qu'il appartient à un sujet du sexe masculin, d'âge mur, *de très petite taille* (1m50 environ), qu'il avait une tête volumineuse (capacité cranienne 1730 centimètres cubes), fortement dolichocéphale (indice céphalique 72), remarquablement haute ; une face à la fois très haute et très large ; des orbites également assez hautes (indice orbitaire 86.9), un nez étroit et allongé (indice nasal 42.6) ; un maxillaire inférieur puissant ; des membres supérieurs longs par rapport à sa taille ; de grandes mains ; des os robustes, trapus, avec des empreintes musculaires puissantes. Comparé à nos races européennes actuelles, ce squelette présente un certain nombre de caractères dits de supériorité (grande capacité cranienne, développement du front, etc.), mais beaucoup plus de caractères d'infériorité : os massifs, longueur des membres supérieurs, incurvation de l'humérus et du cubitus au voisinage de leur jonction, aplatissement du tibia, son inclinaison considérable sur les plateaux articulaires de l'astragale, fémur recourbé en arrière, présentant une fosse hypo-trochantérienne et la ligne apre en colonne ; enfin la configuration du pied, la mobilité des articulations tibio-tarsienne et medio-tarsienne, l'inclinaison en dedans du premier cunéiforme et surtout l'écartement considérable du gros orteil, le rendant capable de saisir des objets entre lui et le deuxième, à la manière d'une véritable pince. « L'homme de Chancelade » ainsi reconstitué diffère au point de vue ethnique de ses confrères du quaternaire supérieur, l' « homme de Néanderthal », l' « homme de Spy » et quelques autres moins connus. Il s'en rapproche par sa dolichocéphalie, mais il s'en éloigne par la belle courbe de son front et par le peu de développement des arcades sourcillières. On ne saurait non plus le rapprocher de la *race* préhistorique dite *de Cromagnon*, dont il diffère par tous les caractères sauf peut-être sa dolichocéphalie et sa grande capacité cranienne. Par contre cet homme quaternaire présente des analogies frappantes avec des Esquimaux qui ont le même crâne, la même face, la même taille, le même indice nasal, le même indice orbitaire, le même degré de torsion de l'humerus, etc. Ce fait remarquable vient à l'appui des idées de certains anthropologistes d'après lesquelles à la fin de la période quaternaire, l'homme aurait émigré de l'Europe centrale vers le nord en suivant son gibier favori, le renne, qui ne pouvait plus vivre dans le climat, devenu tempéré, de nos pays.

J. Deniker.

Franck (François), *Professeur remplaçant au Collège de France.* — **Étude du pouls total des extrémités.** *Arch. de physiologie*, 1890.

M. François Franck, qui le premier avait étudié d'une façon méthodique les variations rythmiques du volume d'un organe en utilisant un appareil à immersion hermétique, a repris ces recherches avec un nouvel appareil plus perfectionné et surtout plus maniable, qu'il décrit sous le nom de *sphygmographe volumétrique*. C'est un levier, muni d'un mulplicateur, qui vient s'appuyer sur la face dorsale du pouce, par exemple, la main et le doigt reposant sur un point d'appui rigoureusement fixe. Les variations de volume du pouce, déterminées par les variations d'irrigation sanguine, sont inscrites amplifiées par le levier sur un cylindre enregistreur.

(1) *Comptes rendus de l'Académie*, t. CVII, 1888, p. 1025.

M. François Franck a obtenu avec cet appareil quelques résultats assez curieux, prévus pour la plupart, mais rendus tangibles par le tracé. Les pulsations du doigt sont rythmées avec le cœur ; elles atteignent, dans les cas d'insuffisance aortique, une amplitude très grande. Le rythme respiratoire exerce également une influence très nette sur les variations de volume du doigt; il en est de même de l'effort. La compression veineuse augmente le volume du pouce, tandis que la compression artérielle le diminue; quand on cesse cette dernière, on voit le tracé s'élever au-dessus de la ligne sinueuse prise avant la compression. M. François Franck explique cette augmentation de volume par la diminution de tonicité des vaisseaux à la suite de la suppression de la pression intérieure normale : ils se laissent alors distendre d'une façon exagérée quand la circulation est reprise. Cette observation est intéressante au point de vue chirurgical et explique les méfiances de certains chirurgiens contre la bande d'Esmarch, qui, disent-ils, si elle permet l'hémostase pendant l'opération, favorise l'hémorrhagie post-opératoire.

L'application du froid, une stimulation douloureuse, soit directe, soit du côté opposé, amènent une vaso-constriction du doigt et par suite une diminution de volume. Cette méthode a permis aussi de reprendre l'expérience de MM. Brown-Séquard et Tholozan sur le le spasme vaso-moteur réflexe croisé.

Dans ce court mémoire M. François Franck a voulu simplement montrer quel parti on pouvait tirer de cette méthode en l'appliquant à des recherches cliniques ou de toxicologie expérimentale.

L. O.

4° Sciences médicales.

Le Fort (L.) *Professeur à la Faculté de Médecine.* — **De l'exophthalmos pulsatile, à propos d'une opération de ligature des deux carotides primitives pour exophthalmos pulsatile.** *Rev. de chir.* Paris, 1890, t. X, p. 369 et 457.

Après avoir donné l'observation d'une malade atteinte d'exophthalmos pulsatile bilatéral, guérie par la ligature successive des deux carotides et résumé les diverses observations publiées, le professeur Le Fort étudie successivement l'anatomie pathologique, l'étiologie, les symptômes, le diagnostic, la marche, la terminaison et la thérapeutique de cette affection.

Le complexus symptomatique (exophtalmie, pulsations de l'œil et de l'orbite, limite de souffle à l'auscultation, bruits intracraniens perçus par le malade) peut reconnaître diverses origines. Le développement anormal de la veine ophthalmique à laquelle se transmettent les pulsations de la carotide, constitue la lésion principale; celle-ci a pour origine le plus souvent une rupture de l'artère carotide dans le sinus caverneux, quelquefois un anévrysme de l'ophthalmique ou de la carotide interne, quelquefois une phlébite du sinus caverneux.

L'exophthalmos pulsatile est spontané (plus fréquent chez la femme), ou traumatique (consécutif à des lésions traumatiques de la tête). Dans les cas spontanés le début est assez souvent brusque et la maladie se trouve constituée en quelques jours avec tous ses symptômes; dans les cas traumatiques le début est assez souvent lent et les symptômes principaux ne se montrent qu'à une époque quelquefois assez éloignée du moment où le traumatisme a eu lieu.

Aux symptômes fondamentaux s'ajoutent le plus souvent la diplopie, la perte de la vue du côté malade, l'injection de la conjonctive, le chémosis, la paralysie des muscles de l'œil, le ptosis, le développement des veines palpébrales et périorbitaires, l'existence d'une tumeur pulsatile à l'angle interne de l'orbite.

L'anévrysme cirsoïde, les angiomes, les cancers vasculaires de l'orbite se distinguent par une série de caractères: 1° Les vaisseaux pulsatiles périorbitaires sont des artères et non des veines; 2° le maximum des pulsations est en dehors et non en dedans du globe de l'œil; 3° la tumeur pulsatile, si elle existe, est au côté externe et non au côté interne de l'orbite.

L'exophthalmos pulsatile paraît compatible avec la vie au moins pendant quelques années; mais les symptômes qui l'accompagnent, en particulier les bruits intra-craniens, constituent pour les malades un supplice tel que la plupart réclament une intervention chirurgicale active.

La ligature de la carotide primitive est le seul traitement efficace de l'exophthalmos pulsatile. Elle n'est que rarement suivie d'accidents cérébraux. Assez souvent il y a réapparition des battements affaiblis, mais cette apparente récidive est le plus souvent sans importance; la guérison survient souvent d'elle-même après quelques heures ou quelques mois. Si l'exophthalmie est double, ou s'il y a récidive d'exophthalmos après ligature d'une carotide et que la compression de la carotide opposée arrête les battements, il ne faut pas hésiter à faire la ligature de la deuxième carotide.

Le mémoire se termine par un index bibliographique et par une série de tableaux résumant 110 observations de cette affection.

Dr Hartmann.

Phisalix (C.). — **Contribution à la pathologie de l'embryon humain.** *In Journal de l'anatomie et de la physiologie, mai-juin* 1890.

M. Phisalix a eu la bonne fortune de pouvoir étudier un embryon humain de 4mm,5 de longueur. Cet embryon était pathologique mais les lésions trophiques du système nerveux accompagnées de troubles sécrétoires auxquelles il paraît avoir succombé ne semblent pas avoir altéré les rapports des différents systèmes dont l'auteur donne une description détaillée en l'appuyant d'excellentes figures qui reproduisent quelques-unes des 308 coupes en lesquelles il a débité cette pièce rare.

Un point très nouveau de cette description a trait aux modifications qui surviennent dans la circulation veineuse à l'époque du développement du foie. Avant l'apparition de cet organe, les deux veines ombilicales provenant de la division du tronc unique qui arrive du chorion longent de chaque côté la paroi du corps et vont se jeter dans le sinus de Cuvier. Plus tard le foie s'interpose entre elles et le sinus de Cuvier; elles n'ont plus de communication directe avec ce dernier, mais se jettent dans les veines vitellines à la face inférieure du foie. M. Phisalix, d'après la pièce qu'il étudie, explique d'une manière tout à fait satisfaisante le mécanisme de cette transformation. Le foie en se développant comprime les parois du corps et par conséquent les veines ombilicales qui y cheminent. De là une stase du sang au-dessous du foie et formation d'un bourrelet variqueux qu'il observe en effet sur ses coupes. En même temps la veine vitelline à ce niveau envoie un diverticulum qui rejoint bientôt le bourrelet en question. La communication entre les deux systèmes veineux au-dessous du foie est ainsi établie et le trajet du sang s'opère bientôt par cette seule voie, les branches ombilicales qui longeaient les parois du corps se trouvant finalement oblitérées. Ce point de l'évolution du système veineux n'avait pas encore été élucidé ; c'est donc une importante lacune que vient de combler M. Phisalix dans son intéressant mémoire.

Dr H. Beauregard.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

La Société de Biologie, la Société française de Physique, la Société chimique de Paris, la Société royale de Londres, les Sociétés de Physique et de Chimie de Londres, l'Académie des Sciences et la Société de Physique de Berlin, l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg, les Sociétés savantes d'Odessa, l'Académie des Sciences de Vienne, l'Académie royale des Lincei sont en vacances.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 8 septembre 1890

1° Sciences mathématiques. — M. **L. Lecornu** : Sur une propriété des systèmes de forces qui admettent un potentiel.

2° Sciences physiques. — M. **Lecoq de Boisbaudran** avait l'année dernière examiné la *gadoline* préparée par M. de Marignac ; il avait conclu que les neuf dixièmes de cette gadoline ne pouvaient pas être attribués à des substances anciennement connues. Dans de nouvelles recherches, il a procédé au fractionnement de cette matière par l'ammoniaque très diluée et obtenu une série de portions de substance de plus en plus pure, mais encore souillée, les précipités de tête par du samarium, et les queues par du didyme. Il signale en passant ce fait, qui peut donner lieu à des erreurs, que les terres rares et la gadoline en particulier sont maintenues quelque temps en dissolution par l'acétate d'ammonium en présence d'un excès d'ammoniaque libre. — M. **P. Schutzenberger** a constaté que lorsqu'on dirige lentement un courant de gaz inerte, tel que l'azote sec, chargé de vapeurs de sulfure de carbone, à travers une colonne de mousse de platine maintenue à une température inférieure à celle du rouge sombre, le sulfure de carbone est entièrement absorbé ; la mousse de platine se convertit de proche en proche en une poudre noire assez divisée. Lorsqu'on a fait passer du sulfure de carbone jusqu'à refus, on trouve une poudre homogène, que l'agitation avec l'eau ne sépare pas en deux portions d'inégale densité, et qui est inattaquable par l'acide chlorhydrique et l'acide nitrique purs et bouillants ; l'eau régale chaude reste à peu près inactive. On n'a donc pas affaire à un mélange de sulfure de platine et de noir de fumée, mais bien à un sulfocarbure de platine de la formule $Pt^2 S^2 C$. Le sulfocarbure de platine brûle à chaud dans l'oxygène sec, ce qui permettrait facilement, par un dosage d'acide sulfurique, d'évaluer la quantité de sulfure de carbone absorbée par la mousse de platine. — M. l'abbé **Bourgeat** adresse comme suite à sa précédente communication des indications sur le prolongement en Suisse de la tempête du 19 août ; au delà de la frontière, le tornado a continué sa marche sur la même ligne droite et avec la même vitesse ; mais en descendant les pentes du Jura il s'est élargi et a été accompagné de chutes de grêle.

3° Sciences naturelles. — M. **P. Miquel** a isolé le ferment soluble qui transforme l'urée en carbonate d'ammoniaque et qui avait été signalé par M. Musculus. Il l'obtient en assez grande quantité en cultivant sur du bouillon de peptone stérilisé et additionné d'un peu de carbonate d'ammoniaque l'un des bacilles ferments de l'urée qu'il a décrits. Il pense que c'est uniquement par cette diastase et non par un acte de nutrition que les divers microorganismes qui hydratent l'urée agissent sur cette substance. — M. **L. Vialleton** décrit le développement post-embryonnaire du rein (mesonephras) de l'*Ammocite*. Le rein embryonnaire, comprenant un lobe antérieur avec des glomérules isolés et un lobe postérieur avec des glomerules empilés en colonne, s'accroît à sa partie postérieure par une série d'épaississements de l'epithélium péritonéal, qui vont continuer la colonne glomérulaire. C'est surtout cette portion post-embryonnaire qui formera le rein de la Lamproie. — M. **S. Calderon** décrit les modifications qu'ont subies les divers pointements d'une seule formation ophitique relevée par lui à *Moron* (province de Séville). La roche primitive s'est plus ou moins transformée ici en talc, là en *aérinite;* ailleurs elle a donné naissance à de la calcite et à du grenat. — M. **Bézier** donne la liste des fossiles qu'il a trouvés dans le calcaire de *Quenon* (Ille-et-Vilaine) et qui lui permettent d'affirmer que ce calcaire appartient au carbonifère. — M. **Wict** a envoyé quelques détails sur l'éruption actuelle du Vésuve à M. le Ministre des affaires étrangères qui les communique à l'Académie. La lave sort par une bouche latérale, qui s'est formée l'année dernière dans un tremblement de terre ; la coulée descend lentement. M. Maiorano, d'après les indications du sismographe, pense que ce réveil de l'activité volcanique durera longtemps, mais qu'il n'aboutira nullement à une terrible éruption.

Séance du 15 septembre 1890.

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Bigourdan** : Observations de la nouvelle planète Charlois faites à l'Observatoire de Paris. — MM. **G. Rayet, Picart** et **Courty**: Observations de la comète Denning (1890 juillet 23) faites au grand équatorial de l'Observatoire de Bordeaux. — M. **Tacchini** adresse le relevé des phénomènes solaires observés pendant le premier semestre de 1890 : tous les signes concordent pour indiquer que l'activité solaire va en augmentant. — M. **Denza** adresse les observations recueillies par l'*Association italienne pour l'étude des météores lumineux* sur les étoiles filantes des 9-11 août 1890 ; la plus grande fréquence s'est montrée le 11 au soir ; le radiant principal était entre Persée et Cassiopée. — M. **Ch. V. Zenger** fait remarquer que les perturbations atmosphériques du mois d'août dernier se groupent naturellement en trois époques de deux ou trois jours chacune, dont l'intervalle est précisément égal à la période solaire. — A propos de la communication récente de M. Trouvé, MM. **Dumoulin Froment** et **Doignon** rappellent qu'ils avaient déjà appliqué le gyroscope électrique à la direction des navires.

2° Sciences physiques. — M. **Lecoq de Boisbaudran** a déterminé l'équivalent de la gadoline, en transformant en sulfate un poids connu de terre ; il trouve le chiffre de 155,95, peu différent des chiffres donnés respectivement par M. de Marignac et M. Clève. — M. **A. Combes** avait obtenu, au moyen du chlorure de sulfuryle, une acétylacétone monochlorée, de formule $CH^3 - CO - CH\,Cl - CO - CH^3$; voulant passer à l'alcool correspondant, il a traité le chlorure par l'acétate de potassium, molécule à molécule, en solution alcoolique ; mais il a obtenu, par réaction avec l'alcool, l'éther acétique de l'acétol ; il a opéré alors dans l'acide acétique absolu, et il a obtenu, en passant par l'intermédiaire de son sel de cuivre, l'éther acétique du diacétylcarbinol. — M. **Mathieu-Plessy**, ayant trouvé du potassium dans les produits qu'il décrivait

dans sa note du 24 août, retire les conclusions de cette note. — M. **L. Gauthier** décrit diverses particularités qu'il a relevées après le passage de la trombe du 19 août dans le Jura.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **Serullas** donne la diagnose complète de l'*Isonandra percha*, l'arbre qui fournit la gutta-percha et qui est en train de disparaître par suite d'une exploitation mal entendue; l'auteur n'en a retrouvé que quelques exemplaires à Singapore, où il en existait des forêts il y a trois ans. — M. **L. Ravaz** a fait des expériences comparatives sur des boutures de vigne plantées telles quelles ou apprêtées de diverses manières; il a vu que les opérations telles que l'écorçage, qui facilitent l'absorption de l'eau, augmentent la proportion des reprises.

L. LAPICQUE.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 9 septembre 1890.

M. Vidal présente une thèse faite par M. **H. M. F. Sénéchal** dans le service du Dr Leloir (Lille), sur les troubles urinaires prémonitoires des myélites syphilitiques : rétention, incontinence, hyperesthésie de l'appareil urinaire, coliques vésicales; l'auteur cite plusieurs cas où le traitement administré à la suite de ces symptômes, avant l'apparition des lésions, a réussi à enrayer les accidents de la myélite syphilitique. — M. Dujardin-Beaumetz présente un mémoire manuscrit de M. **Magnan**, de Gondrecourt (Meuse), sur l'air chaud dans les poumons. — M. **A. Guérin** chargé d'examiner avec M. Lannelongue la tentative faite par M. **Guermonprez** à l'effet de remplacer, à la suite de la résection du corps maxillaire inférieur, les apophyses géni par une pièce métallique, fait remarquer que l'opérateur a été obligé d'enlever cette pièce le dixième jour: il se refuse à voir dans le résultat obtenu la prothèse des apophyses. — M. **Javal** lit son rapport sur un mémoire de M. **G. Martin** (de Bordeaux), relatif à l'amblyopie des astigmates. Il rappelle ses propres observations sur ce sujet et insiste sur la nouveauté et l'intérêt pratique des conclusions de M. Martin, qui montrent la nécessité de rechercher l'astigmatisme chez tous les enfants dont la vue laisse à désirer et de les soumettre à des mensurations kératométriques.

M. Moutard-Martin, président, fait part à l'Académie du décès de M. **Duménil**, correspondant national, directeur de l'Ecole de Médecine de Rouen.

Séance du 16 septembre 1890.

M. **Larrey** présente les *Annales de la Polyclinique de Paris*, œuvre collective de divers médecins, destinée à assurer des soins aux malades qui ne peuvent ou ne veulent entrer à l'hôpital. — M. **Dujardin-Beaumetz** indique les principales conclusions du rapport qu'il vient d'adresser à M. le préfet de police, au nom du Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine, sur les mesures prophylactiques à prendre à Paris en prévision d'une invasion de choléra : 1° nécessité de connaître les cas de choléra dès qu'ils se produisent; 2° création d'un corps de médecins faisant exécuter les mesures de désinfection; 3° emploi exclusif du sulfate de cuivre comme agent de désinfection des linges, de la figure et des mains; 4° emploi d'acide sulfureux pour désinfecter les chambres; 5° achat de dix étuves mobiles à pression de vapeur; 6° transport des malades en voitures chauffées, puis désinfectées; 7° évacuation des lieux où se sera déclaré le choléra. — M. **Ball** offre le dixième volume de ses *Leçons sur les maladies mentales*. — Au nom de MM. **Léon Le Fort** et **Polaillon** et au sien, M. **Tillaux** lit un rapport sur un mémoire de M. **G. Richelot** relatif à un cas de persistance du canal de Nück avec hydrocèle réductible chez une jeune fille de dix-neuf ans. Le rapporteur conclut comme M. Richelot à la persistance du canal de Nück pour expliquer l'hydrocèle et donne sa pleine approbation à l'intervention chirurgicale, aujourd'hui possible, grâce à l'antisepsie, pour opérer la cure radicale d'une hernie simple ou d'une hydrocèle congénitale; sans proposer cette intervention, on peut aujourd'hui l'accorder au patient qui la réclame. — La discussion continue sur la dépopulation de la France. M. Javal prononce à cette occasion un discours où il insiste sur la nécessité de changer les mœurs par les lois et de modifier la répartition des impôts de façon à alléger les charges des familles nombreuses. Le législateur devrait selon lui, s'inspirer de l'exemple de l'Angleterre où existent le droit d'aînesse et la liberté de tester, où il n'y a ni service militaire ni *aucun impôt* sur les objets de première nécessité. M. Javal donne ensuite le résultat suivant de l'enquête à laquelle il s'est livré avec MM. Cheysson et Bertillon sur la composition des familles en France :

2.072.000	familles n'ont pas d'enfants		
2.542.000	familles en ont	.....	1
2.665.000	—	.....	2
1.512.000	—	.....	3
937.000	—	.....	4
550.000	—	.....	5
313.000	—	.....	6
232.000	—	.....	7 ou davantage

ASSOCIATION TECHNIQUE MARITIME

Séance du 27 juin 1890.

M. **Hauser**, ingénieur de la marine, lit une étude sur l'influence économique de la légèreté dans la construction des navires. En considérant un navire comme un véhicule chargé de porter un poids donné (artillerie, torpilles, etc...) avec une vitesse déterminée, et à une distance limitée par l'approvisionnement de charbon, le poids de sa protection correspondant en outre à une certaine épaisseur de cuirasse, M. Hauser recherche quelle serait avec ces données l'influence d'une variation du poids de la coque ou du poids de la machine par cheval sur les dimensions et le déplacement. Il établit une relation entre les différents poids qui entrent dans la construction, et qui sont, les uns constants, les autres proportionnels soit au déplacement, soit à la surface immergée du maître-couple, c'est-à-dire, pour des navires géométriquement semblables, proportionnels au cube et au carré du rapport de similitude. Cette relation, appliquée à des types modernes, aux croiseurs le *Davout* et le *Dupuy de Lôme*, montre qu'une augmentation de 1/10 dans le poids de la coque entraîne, toutes les autres données restant les mêmes, une augmentation correspondante de 14 % environ dans le déplacement, et qu'une augmentation de 1/10 dans le poids de la machine par cheval nécessite une augmentation de 9 à 11 % de ce même déplacement.

L'auteur emploie le même procédé de calcul pour déterminer l'économie de poids que ferait réaliser sur la coque et les machines et par suite sur le déplacement, la substitution à l'acier d'un métal léger, tel que l'aluminium, dont le poids spécifique est trois fois moindre. En supposant à ce métal une résistance moitié de celle de l'acier, autrement dit en doublant les échantillons, le rapport du poids de coque au déplacement dans le *Davout* tomberait de 30 % à 21 %, et le poids de la machine par cheval, de 85k à 66k. On pourrait en profiter pour diminuer les dimensions, de manière à réduire le déplacement aux 2/3 de sa valeur. L'aluminium et ses composés actuellement connus ne répondant pas encore complètement aux conditions nécessaires pour en faire des métaux industriels, il est à souhaiter que des essais soient entrepris en vue de rechercher les alliages jouissant des propriétés désirables.

L. VIVET.

NOUVELLES

NOUVELLES RECHERCHES SUR LES SUCRES

I. De toutes les questions actuelles de synthèse chimique, il n'en est pas de plus importante, par ses rapports avec la physiologie végétale et par les résultats déjà acquis, que la reproduction artificielle des matières sucrées.

Nous avons essayé, dans deux précédents articles [1], de faire comprendre les réactions qui ont permis d'atteindre ce but tant désiré; nous n'y reviendrons pas. Qu'il nous soit permis néanmoins de signaler aux personnes qui s'intéressent à cet ordre de recherches un résumé complet de la question, que M. Em. Fischer vient de faire paraître dans les *Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft* (t. 23, p. 2114). Dans les 27 pages de ce Mémoire, remarquable par la clarté et la forme de l'exposition, elles trouveront réunis tous les résultats obtenus depuis dix ans par les auteurs qui se sont occupés de ce sujet, en même temps que les principales indications bibliographiques qui s'y rattachent.

II. *Les sucres à poids moléculaire élevé.* En exposant les méthodes de M. Fischer, nous avons insisté tout particulièrement sur leur caractère de grande généralité et prévu la synthèse de substances nouvelles, analogues par l'ensemble de leur propriétés aux sucres naturels déjà connus, mais renfermant un plus grand nombre d'atomes de carbone, en d'autres termes d'un poids moléculaire plus élevé.

MM. Fischer et Passmore sont entrés résolument dans cette voie, qui promet d'être fructueuse, car déjà ces auteurs annoncent la synthèse de sucres réducteurs à 7, 8 et 9 atomes de carbone, qu'ils appellent *heptoses*, *octoses* et *nonoses*, ainsi que celle des alcools correspondants, homologues supérieurs de la mannite ordinaire.

Parmi ces derniers il en est un d'une importance exceptionnelle, c'est la *perséite* ou sucre d'avocatier, pour laquelle l'auteur de cet article avait déjà établi la formule $C^7H^{16}O^7$, fondée sur des recherches analytiques qu'il serait trop long de rapporter ici [2].

Pour effectuer la synthèse de la perséite, MM. Fischer et Passmore unissent la mannose dextrogyre (de l'ivoire végétal) à l'acide cyanhydrique, ce qui les conduit à l'acide *mannoheptonique* $C^7H^{14}O^8$ et à sa lactone $C^7H^{12}O^7$, corps cristallisables et faciles à obtenir purs; puis ils réduisent la lactone mannoheptonique par l'hydrogène naissant de l'amalgame de sodium. Il se forme ainsi, d'abord une *mannoheptose* $C^7H^{14}O^7$, substance cristallisée, dextrogyre, réduisant à chaud la liqueur de Fehling, en tout semblable aux glucoses, quoique non fermentescible, enfin un alcool heptatomique $C^7H^{16}O^7$, qui a été comparé directement à un échantillon de la perséite naturelle qui a servi à mes propres recherches. Ces deux corps possèdent le même point de fusion, la même solubilité dans l'eau, le même pouvoir rotatoire (en présence de borax); ils donnent des dérivés acétylés qui fondent à la même température; par conséquent ils sont identiques.

Il suit de là que la perséite est à chaîne normale comme la mannite dont elle dérive synthétiquement.

La mannoheptose se prête à son tour aux mêmes transformations que la mannose : avec l'acide cyanhydrique elle donne l'acide *mannoctonique* et sa lactone $C^8H^{14}O^8$ (lévogyre) qui, par réduction, se change en un nouvel homologue des glucoses, la *mannoctose* $C^8H^{16}O^8$ (lévogyre). Ce corps est sirupeux, non fermentescible et de saveur franchement sucrée; par fixation d'hydrogène il donne la *mannoctite* $C^8H^{18}O^8$, substance remarquable par sa faible solubilité dans l'eau.

Enfin la mannoctose a fourni aux mêmes auteurs un acide *mannononique* $C^9H^{18}O^{10}$ (lévogyre) dont la lactone se transforme, au contact de l'amalgame de sodium, en *mannononose* $C^9H^{18}O^9$, composé extrêmement analogue à la dextrose ordinaire; fusible vers 130°, douée d'un pouvoir rotatoire dextrogyre voisin de 50°, fermentescible comme les glucoses et la glycérose, la mannononose ne peut être caractérisée que par sa combinaison monohydrazinique $C^9H^{18}O^8.Az^2H.C^6H^5$ qui est fort peu soluble dans l'eau froide.

La dextrose, la galactose et l'isodulcite ont donné des dérivés isomères des précédents; nous nous dispenserons de les décrire ici.

MM. Fischer et Passmore font remarquer, en terminant leur travail, que les seuls sucres fermentescibles connus jusqu'à ce jour renferment tous un nombre d'atômes de carbone qui est un multiple exact de trois; ils les considèrent comme des produits de polymérisation directs de l'aldéhyde glycérique et pensent que les *nonoses* $C^9H^{18}O^9$ doivent se rencontrer dans la nature à côté des véritables glucoses qui sans doute ont été souvent confondues avec elles. (*Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft*, t. 23, p. 935 et 2226.)

III. *La sorbite.* Découverte par M. J. Boussingault dans les baies du sorbier des oiseleurs, la sorbite a été retrouvée par MM. Vincent et Delachanal dans les fruits de la plupart des Rosacées : il résulte des recherches de ces auteurs, ainsi que de celles de Tollens, que la sorbite est un véritable isomère de la mannite, dérivant comme celle-ci de l'hexane normal du pétrole, mais jusqu'à présent cette substance était restée, au milieu de tous les autres sucres naturels, sans relation connue avec aucun d'eux.

MM. Vincent et Delachanal, d'une part, M. J. Meunier, d'autre part, viennent de constater ce fait capital que la sorbine et la dextrose ordinaire se transforment l'une et l'autre en sorbite quand on les réduit par l'amalgame de sodium, en liqueur alcaline; il en résulte que ces corps présentent entre eux les relations d'aldéhydes à alcool, et si on se rappelle que Kiliani a été amené par ses travaux sur la sorbine à considérer ce sucre comme une acétone de même constitution (dans le plan) que la lévulose, on voit que la sorbine et la dextrose sont à la sorbite ce que la lévulose et la mannose sont à la mannite de la manne. (*Comptes Rendus*, t. 111, p. 49 et 50.)

L'alcool correspondant à la dextrose, que Fischer dit encore être inconnu dans l'un de ses derniers Mémoires (*Berichte*, t. 23, p. 2131), est donc aujourd'hui déterminé. C'est un grand point d'acquis dans l'histoire des sucres.

Il reste encore à expliquer pourquoi la mannose et la dextrose donnent avec la phénylhydrazine la même osazone, et aussi pourquoi la dextrose donne une petite quantité de mannite à la réduction : il y a là un desideratum qui ne tardera pas sans doute à être élucidé complètement. D'ailleurs on peut rapprocher ce dernier fait de cet autre, observé par Fischer, que sous l'action de l'acide cyanhydrique, l'arabinose donne de l'acide gluconique lévogyre en même temps que l'acide arabinose carbonique de Kiliani (*Berichte*, t. 23, p. 2134) : c'est la preuve évidente que tous ces corps sont des isomères stéréochimiques dans lesquels le groupe arabinose primitif doit se retrouver sans altération.

L. MAQUENNE.

[1] *Revue générale des Sciences*, p. 165 et 224.
[2] *Annales de chimie et de Phys.* 6e série, t. XIX, p. 5.

Le Gérant : OCTAVE DOIN.

Paris.—Imprimerie F. Levé, rue Cassette, 17.